



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »  
[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**BARDAGES EN ACIER PROTÉGÉ  
ET EN ACIER INOXYDABLE**

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

JUILLET 2014

NEUF-RENOVATION



# ÉDITO

**L**e Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

**Alain MAUGARD**

Président du Comité de pilotage du Programme  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »  
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

# AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

# Sommaire

## 1 - Objet des Recommandations Professionnelles ... 7

1.1. • Contenu .....	7
1.2. • Domaine d'application .....	8
1.3. • Mise sur le marché (marquage CE) .....	9

## 2 - Documents de référence ..... 11

2.1. • Références normatives .....	11
2.2. • Textes réglementaires .....	16
2.3. • Autres ouvrages de référence .....	18

## 3 - Terminologie, définitions ..... 19

3.1. • Structure porteuse .....	19
3.2. • Éléments de bardage .....	20
3.3. • Écarteurs .....	20
3.4. • Ossature rapportée .....	21
3.5. • Isolant thermique .....	21
3.6. • Pare-vapeur .....	21
3.7. • Lame d'air (ventilée ou non) .....	21
3.8. • Profils translucides .....	22

## 4 - Les types de bardages en acier à parements nervurés ou ondulés ..... 23

4.1. • Bardage simple peau .....	23
4.2. • Bardage rapporté .....	24
4.3. • Bardage double peau .....	24
4.4. • Bardage à peaux multiples (plus de deux peaux) .....	25

## 5 - Description des façonnés de finition et compléments de bardages extérieurs ..... 26

5.1. • Façonnés en acier .....	26
5.2. • Compléments d'étanchéité .....	28
5.3. • Closoirs mousse .....	28
5.4. • Encadrements d'ouvertures .....	29

## 6 - Conception des ouvrages ..... 30

6.1. • Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage .....	31
6.2. • Stabilité de l'ouvrage .....	34
6.3. • Résistance mécanique des façades aux chocs de sécurité intérieure .....	44
6.4. • Flèches à respecter dans le plan perpendiculaire de la façade .....	44
6.5. • Prise en compte de la dilatation thermique .....	44
6.6. • Isolation thermique et comportement hygrothermique .....	45
6.7. • Étanchéité à l'eau .....	48
6.8. • Perméabilité à l'air .....	51



6.9. • Isolation et/ou absorption acoustique.....	53
6.10. • Comportement au feu.....	54
6.11. • Durabilité .....	56
6.12. • Environnement – Santé – Qualité de l'air intérieur .....	56
6.13. • Entretien ou réparation des peaux extérieures de bardage.....	57
6.14. • Protection du bas de bardage.....	57

## 7 - Spécifications techniques des matériaux et composants ..... 58

7.1. • Spécifications techniques des tôles en acier .....	58
7.2. • Écarteurs.....	63
7.3. • Ossatures rapportées – cas du bardage rapporté.....	68
7.4. • Spécifications techniques des isolants.....	68
7.5. • Spécifications des fixations .....	69
7.6. • Spécifications des éléments complémentaires.....	70
7.7. • Ouvertures .....	70
7.8. • Façonnés et autres accessoires pliés.....	71

## 8 - Mise en œuvre ..... 72

8.1. • Approvisionnement et stockage.....	72
8.2. • Conditions préalables requises pour la pose .....	73
8.3. • Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre .....	77
8.4. • Mise en œuvre des bardages en acier .....	80
8.5. • Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées en pose horizontale .....	100
8.6. • Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées obliques.....	104
8.7. • Ouvrages particuliers .....	106

## 9 - Essais..... 108

9.1. • Performances mécaniques et sismiques.....	108
9.2. • Essais supplémentaires.....	108

## 10 - Entretien..... 109

## 11 - Annexes ..... 110

Annexe A – Conditions d'usage et d'entretien des bardages en acier.....	112
Annexe B – Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie et de l'ambiance intérieure.....	114
Annexe C – Justification des bardages en zones de sismicité.....	118
Annexe D – Détermination forfaitaire des actions de vent selon l'Eurocode 1991-1-4 et son annexe nationale et corrigendum.....	135
Annexe E – Procédures applicables pour la détermination des performances des plateaux et des plaques nervurées et ondulées de bardage selon la norme NF P 34-503.....	140
Annexe F – Caractéristiques des fixations et de leurs accessoires .....	153
Annexe G – Choix des revêtements.....	162
Annexe H – Exemples de dispositions technologiques pour les bardages double peau avec écarteurs.....	167
Annexe I – Performances thermiques de bardages double peau (coefficient Up) .....	171
Annexe J – Traitement des points singuliers : ponts thermiques de liaison et étanchéité à l'air.....	179
Annexe K – Procédure simplifiée pour l'application des Règles NV 65 modifiées 2009 .....	219
Annexe L – Dimensionnement par calculs des capacités résistantes des profils selon l'Eurocode 3 parties 1.3 et 1.5 (compléments).....	225

Annexe M – Procédures applicables pour la détermination des performances selon la NF EN 1993-1-3 des plateaux et des plaques nervurées ou ondulées de bardage par essais.....	240
Annexe N – Procédures d'établissement des tableaux de charges/ portées et des fiches techniques suivant les différentes méthodes de dimensionnement .....	246
Annexe O – Procédures applicables pour la détermination des performances aux contraintes admissibles usuelles des plateaux et des plaques nervurées ou ondulées de bardage (Méthode a, TABLEAU 1) .....	264
Annexe P – Cahier des clauses administratives spéciales (CCS) .....	280

# Objet des Recommandations Professionnelles

# 1



## 1.1. • Contenu

Le présent document remplace les « Règles professionnelles pour la fabrication et la mise en œuvre des bardages métalliques – 2<sup>ème</sup> édition (1981) », pour la partie acier. Il a pour objet de définir les prescriptions minimales de fabrication, de conception et de mise en œuvre des bardages en acier traditionnels.

### Note 1

Les Règles professionnelles pour la fabrication et la mise en œuvre des bardages métalliques – 2<sup>ème</sup> édition (1981), restent applicables pour la partie aluminium.

### Note 2

Ce document prend en compte le référentiel NV 65 et l'Eurocode vent NF EN 1991-1-4.

Compte tenu de l'arrêté du 22/10/2010 et ses modifications du 19/07/2011 et 30/10/2012, l'Eurocode 8 s'applique à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2014.

Il est rappelé que le corpus des Eurocodes ne peut pas être mélangé avec celui de l'ancien référentiel (NV 65).

Les performances des produits et des assemblages peuvent être établies de trois manières (cf. 6.2.1 – Tableau 1) :

- aux contraintes admissibles,
- selon l'Annexe E du présent document,
- selon l'Eurocode 3 partie 1.3 par calculs ou essais (classe de construction III éléments non structurels).

## 1.2. • Domaine d'application

Le domaine de ces Recommandations Professionnelles s'étend à toutes les réalisations ou parties de réalisations, en France métropolitaine, de bardages en acier traditionnels telles que définies au chapitre 4. Les Recommandations Professionnelles visent les bardages simple peau, double peau, à peaux multiples (plus de 2 peaux) et rapportés en acier. Tout type de bâtiment est visé (locaux de travail, habitation, ERP, ICPE, etc.). Dans le cas de bâtiments d'habitation, la structure support du bardage doit être en maçonnerie, ou en béton, ou en bois relevant du NF DTU 31-2, ou en acier.

Les présentes Recommandations Professionnelles ne visent que les ambiances intérieures non agressives de faible et moyenne hygrométrie [Annexe B].

Les modes constructifs sont définis au chapitre 4. Les conceptions des systèmes sont visées au chapitre 6.

La pose du complexe de bardage neuf peut se faire sur une structure neuve ou existante. Dans le cas de pose sur une structure existante, le diagnostic de cette structure permettant de vérifier la compatibilité de celle-ci avec la nouvelle enveloppe ne relève pas du présent document (cf. 8.2.4) et [Annexe F].

Ne sont visés dans le cadre des présentes Recommandations Professionnelles que les produits répondant à la norme NF EN 14782 (Classe de construction III, selon l'Eurocode 3 – partie 1.3).

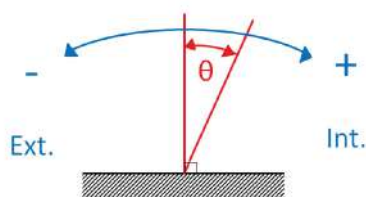
Les produits et systèmes faisant l'objet du marquage CE selon la NF EN 1090-1 (Classe I : diaphragme général du bâtiment et Classe II : participation des bacs au maintien local des lisses selon l'Eurocode 3 – partie 1.3), ne sont pas visés par les présentes Recommandations Professionnelles.

En pose verticale, l'inclinaison par rapport à la verticale est (Figure 1):

- $-30^\circ \leq \theta \leq +5^\circ$  dans le cas de façades avec ou sans baies
- $-30^\circ \leq \theta \leq +30^\circ$  dans le cas de façades sans baies

En pose horizontale (cf. 8.5) ou oblique (cf. 8.6), l'inclinaison par rapport à la verticale est :

- $-30^\circ \leq \theta \leq +0^\circ$  dans le cas de façades avec ou sans baies
- $-30^\circ \leq \theta \leq +15^\circ$  dans le cas de façades sans baies



▲ Figure 1. Inclinaison du bardage par rapport à la verticale

**Note 1**

Au-delà de + 30° par rapport à la verticale, l'ouvrage est une couverture (cf. DTU 40.35).

**Note 2**

Dans le cas de :

- plaques éclairantes intégrées au plan des tôles, les inclinaisons ci-dessus restent applicables ;
- plaques de polycarbonate alvéolées, il convient de se reporter aux Avis Techniques associés.

Dans le cas de la mise en œuvre d'un bardage rapporté, sans isolant, sur un mur en béton ou en maçonnerie qui assure l'étanchéité à l'eau (confère guide de choix des types de mur ; DTU 20.1 et DTU 23.1), les plaques de parement peuvent être perforées. La mise en œuvre de plaques perforées n'est admise que pour des inclinaisons du mur entre - 30° et 0° (Figure 1), est sous réserve, que pour ce dernier, la justification de sa stabilité mécanique soit prouvée. Le revêtement côté intérieur est identique au revêtement extérieur. La nature et la classe du revêtement sont conformes au tableau G.3 de l'[Annexe G] du présent document.

**Ne sont pas visés par les présentes Recommandations Professionnelles :**

- Les cassettes, écailles, lames et clins ainsi que les panneaux sandwichs ;
- La participation des tôles d'acier nervurées de bardage à la stabilité d'ensemble de l'ossature (contreventement, par exemple) classe I de la norme NF EN 1993-1-3 ou à la stabilité locale (non déversement des lisses, par exemple) classe II de la norme NF EN 1993-1-3 ;
- Les bardages double peau utilisant des vis entretoises à double filet maintenant la peau extérieure éloignée des lèvres des plateaux (relèvent de la procédure d'Avis Technique) ;
- Les plaques pré-cintrées ou cintrées in-situ ;
- Les sur-bardages sur bardages existants.

### 1.3. • Mise sur le marché (marquage CE)

Les produits sont marqués CE selon la norme NF EN 14782 (obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> novembre 2007) et font l'objet de Déclaration de Performances (DoP) au sens du Règlement Produit de Construction (RPC) depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2013.

Les contrôles de matières premières (bobines) sont effectués selon les tableaux 2 (ITT) et 4 (FPC) de la norme NF EN 14782.

Les contrôles des performances des produits sont effectués selon les tableaux 3 (ITT) et 5 (FPC) de la norme NF EN 14782.

Les contrôles de profilage sont effectués selon la norme NF EN 508-1.

Les isolants font également l'objet de marquage CE et de Déclaration de Performances (DoP).

## Documents de référence

2



### 2.1. • Références normatives

Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les amendements éventuels). Les références « Eurocode » doivent être accompagnées de leur annexe nationale française respective.

#### 2.1.1. • Règles de calcul

- NF EN 1991-1-1, Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (et son annexe nationale NF P 06-111-2).
- NF EN 1991-1-3, Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige.
- NF EN 1991-1-4, Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1991-1-5, Eurocode 1 : actions sur les structures – Partie 1-5 : Actions générales – Actions thermiques.
- NF EN 1992-1-1, Eurocode 2 : Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1993-1-1, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1993-1-3, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-3 : Règles générales – Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid.
- NF EN 1993-1-4, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-4 : Règles générales – Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables.

- NF EN 1993-1-5, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-5 : Plaques planes.
- NF EN 1993-1-8, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-8 : Calcul des assemblages.
- NF EN 1993-1-11, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-11 : Calcul des structures à câbles ou éléments tendus.
- NF EN 1998-1, Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

## 2.1.2. • Tôles d'acier non alliées ou faiblement alliées

### 2.1.2.1. • Matériaux de base

- NF EN 10025-2 : Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10130 : Produits plats laminés à froid, en acier à bas carbone pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10346 : Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10143 : Tôles et bandes en acier revêtues en continu par immersion à chaud – Tolérances sur les dimensions et sur la forme.
- NF A 36-345 : Produits sidérurgiques – Tôles d'acier revêtues en continu d'aluminium – Feuilles et bobines.

### 2.1.2.2. • Protection contre la corrosion

#### Tôles d'acier galvanisées

- P 34-310 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées à chaud en continu destinées au bâtiment – Classification et essais.
- GA A36-335 : Guide d'application des normes P 34-310 et NF EN 10346.
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux – Spécifications et méthodes d'essais (Remplace la norme homologuée NF A 91-121 d'Août 1987).

#### Tôles d'acier revêtues d'alu-zinc

- Confère Norme NF EN 10346 et ETPM associée (Enquête Technique Préalable de Matériau) pour le domaine d'emploi.



### Tôles d'acier revêtues de zinc– alu

- Confère norme NF EN 10346.

### Tôles d'acier revêtues de zinc– alu-magnésium

- Les revêtements zinc-aluminium-magnésium font l'objet d'une ETPM.

### Tôles d'acier prélaquées

- XP P 34-301 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique calandré destiné au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10169 : Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10169, amendement A1.
- GA A36-355 : Guide d'application de la norme NF EN 10169-3.
- GA A36-351 : Guide d'application des normes NF EN 10169-2 et XP P 34-301.

### Tôles d'acier postlaquées

- NF P24-351 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.

### Tôles d'acier inoxydable

- NF EN 10088-1 : Aciers inoxydables – Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.
- NF EN 10088-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
- NF EN 508-3 : Produits de couverture en tôle métallique. Spécification pour les plaques de couverture en tôle d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable. Partie 3 : acier inoxydable.

## 2.1.3. •Types de plaques et plateaux

- NF EN 14782 : Plaques métalliques autoportantes pour couvertures, bardages extérieurs et intérieurs et cloisons – Spécifications produits et exigences.
- NF EN 508-1 : Produits de couverture en tôle métallique – Spécification pour les plaques de couverture en tôles d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable – Partie 1 : acier.
- NF P 34-503 : Plaques profilées en tôles d'acier revêtues ou non et panneaux – Essais de flexion sous charges linéaires et/ou sous charges concentrées.



- NF EN 1993-1-3 : Calcul des structures en acier partie 1.3 règles générales – Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid.

### 2.1.4. • Isolants thermiques

- NF EN 1604/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.
- NF EN 1604 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.
- NF EN 1609/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.
- NF EN 1609 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.
- NF EN 12087/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme – Essai par immersion.
- NF EN 12087 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme par immersion.
- NF EN 13162 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification.
- NF EN 13163 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.
- NF EN 13164 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) – Spécification.
- NF EN 13165 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PU) – Spécification.
- NF EN 13167 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en verre cellulaire (CG) – Spécification.

### 2.1.5. • Isolation et absorption acoustique

- NF EN ISO 10140-1/A1 : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 1 : règles d'application pour produits particuliers – Amendement 1 : lignes directrices

pour la détermination de l'indice de réduction acoustique de joints comblés de matière de remplissage et / ou d'éléments d'étanchéité.

- NF EN ISO 10140-3 : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 3 : mesurage de l'isolation au bruit de choc.
- NF EN 20140-2 : Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 2 : détermination, vérification et application des données de fidélité.
- NF EN ISO 717-1 : Acoustique – Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : isolement aux bruits aériens.
- NF EN ISO 354 : Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante.
- NF EN ISO 11654 : Acoustique – Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments – Évaluation de l'absorption acoustique.
- ISO 9613-1 : Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. Partie 1 : calcul de l'absorption atmosphérique.
- ISO 9613-2 : Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. Partie 2 : méthode générale de calcul.

### 2.1.6. • Fixations

- NF A 35-053 : Fil machine non allié pour fabrication réalisé par formage à chaud ou à froid – Qualités.
- NF EN 10084 : Aciers pour cémentation – Conditions techniques de livraison.
- NF P 30-314 : Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage – Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium au support.
- NF A 91-472 : Traitement de chromatisation des dépôts électrolytiques de zinc ou de cadmium – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF P 34-205-1 : Travaux de bâtiment – Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues – Partie 1 : Cahier des clauses techniques. Référence DTU 40.35.
- XP P 34-301 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique calandré destinées au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 1301-1 : Aluminium et alliages d'aluminium – Fil étiré – Partie 1 : conditions techniques de contrôle et de livraison.



- NF EN 10088-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF EN ISO 3231 : Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre.
- NF EN ISO 3506-1 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion – Partie 1 : vis et goujons.

### 2.1.7. • Compléments d'étanchéité à l'eau

- NF P 30-305 : Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – spécifications – essais.
- NF EN ISO 11600 : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.
- NF EN ISO 11600/A1 : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.
- NF P 85-301 : Profilés pour joints dans les façades légères – Matériaux à base de caoutchouc.
- NF DTU 44.1 : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.

## 2.2. • Textes réglementaires

Les textes ci-dessous sont ceux en vigueur au moment de la rédaction des présentes Recommandations Professionnelles. Ils sont par nature évolutifs, et il convient évidemment de se reporter aux textes en vigueur pour chaque projet individuel.

- Règlement (UE) N° 305/2011 du parlement Européen et du conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par le décret du 26 octobre 2010.

- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.
- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.
- Décret n° 2011-604 du 30 mai 2011 relatif à l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique à établir à l'achèvement des travaux de bâtiments d'habitation neufs.
- Arrêté du 03 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.
- Décret n° 2009-1154 du 29 septembre 2009 créant un label « haute performance énergétique rénovation » pour certains bâtiments existants.
- Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 20 février 2012 modifiant l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.



- Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.
- Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment » à risque normal », MEDDTL/DGALN/DHUP, juillet 2013.
- Décret n°2013-1264 du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale de certains produits de construction destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.
- Arrêté du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.

## 2.3. • Autres ouvrages de référence

- Cahier CSTB 3732, mars 2013 : Actions climatiques à prendre en compte pour le dimensionnement aux états limites des ouvrages de bardage et de couverture en panneaux sandwichs faisant l'objet d'un Document Technique d'Application.
- The Steel Construction Institute (SCI), avril 2006 : Manuel de conception pour l'acier inoxydable structurel (3<sup>e</sup> édition).

## Terminologie, définitions

# 3



Par convention, le terme « bardeur » est utilisé pour définir l'entreprise de pose des bardages.

Pour la désignation des parements, les termes de « plaques nervurées » ou de « tôles nervurées ou ondulées ou sinusoïdales » sont employés indifféremment.

### 3.1. • Structure porteuse

Les éléments de bardage sont fixés sur une structure porteuse qui peut être constituée par :

- une ossature principale : charpente en acier, charpente en béton armé ou précontraint avec insert en acier, ou charpente en bois ;
- une ossature secondaire en acier ou en bois (par exemple lisse) elle-même fixée sur une ossature principale ;
- un mur en béton armé ou en maçonnerie.

Cette structure porteuse est conçue et réalisée selon le corpus des Eurocodes.

#### Note

Les écarteurs entre plateaux et peau extérieure (cf. 3.3) et les ossatures rapportées entre mur en maçonnerie ou en béton et peau extérieure (cf. 3.4) ne sont pas considérés comme des ossatures secondaires, d'un point de vue strictement terminologique.

## 3.2. • Éléments de bardage

### 3.2.1. • Plaques nervurées et ondulées

Les plaques pleines nervurées en acier protégées ou auto-protégées sont à nervures trapézoïdales ou ondulées donnant l'inertie et la rigidité en flexion. Elles sont fixées directement sur l'ossature principale, sur l'ossature secondaire, sur des écarteurs, sur une ossature rapportée ou sur les lèvres des plateaux.

#### 3.2.1.1. • Nervure emboîtante

On entend par nervure emboîtante celle de la plaque située sur la nervure de la plaque adjacente.

#### 3.2.1.2. • Nervure emboîtée

On entend par nervure emboîtée celle de la plaque située sous la nervure de la plaque adjacente.

### 3.2.2. • Plateau

Le plateau est un élément profilé en forme de C en acier protégé présentant une face plane ou légèrement nervurée (plage) formant la paroi intérieure du bâtiment et deux semelles (lèvres) de chaque côté de cette plage.

Le plateau a une fonction de support de la peau extérieure. L'utilisation du plateau en tant que support de peaux extérieures autre que les plaques nervurées ou ondulées n'est pas visée dans les présentes Recommandations Professionnelles.

#### 3.2.2.1. • Plateau plein

Un plateau est dit plein lorsque sa face plane ne présente pas de perforations ou de crevaisons.

#### 3.2.2.2. • Plateau perforé ou crevé

Un plateau est dit perforé lorsque sa face plane présente des perforations, avec enlèvement de matière, généralement circulaires. La perforation est caractérisée par un pourcentage de vide.

Un plateau est dit crevé lorsqu'il est perforé sans enlèvement de matière.

## 3.3. • Écarteurs

Zed ou Oméga ou U, simples ou reconstitués par vissage, positionnés entre deux peaux en acier en vue d'assurer un espacement continu entre ces dernières.



### 3.4. • Ossature rapportée

Zed ou Oméga ou U, simples ou reconstitués par vissage, permettant de rapporter le bardage sur un mur en béton armé ou en maçonnerie.

### 3.5. • Isolant thermique

Les isolants utilisés dans les bardages double peau ou rapportés sont généralement les laines minérales.

#### Note

D'autres isolants (Polystyrène, Polyuréthane (PUR), Polyisocyanurate (PIR), verre cellulaire) sont envisageables.

En l'état actuel des connaissances, les isolants biosourcés ne sont pas visés.

### 3.6. • Pare-vapeur

La fonction du pare-vapeur consiste à arrêter le déplacement de la vapeur d'eau du côté chaud vers le côté froid et à éviter les condensations dans l'épaisseur de la paroi.

### 3.7. • Lame d'air (ventilée ou non)

La lame d'air est constituée par un intervalle continu compris entre deux matériaux dont les faces sont sensiblement parallèles.

La lame d'air, lorsqu'elle est prévue, doit être située entre la peau extérieure et l'isolant. La présence d'une lame d'air est liée à la nature et à la pose de la peau extérieure :

- dans le cas d'une peau en pose verticale, la lame d'air n'est pas nécessaire. Dans le cas d'ouvertures (baies) dans la paroi à des hauteurs supérieures à 50 m, une lame d'air ventilée d'au moins 20 mm est nécessaire ;
- dans le cas d'une peau en pose horizontale, une lame d'air ventilée ou non (cf. 6.6.2.2) d'au moins 20 mm est nécessaire.

Toute autre lame d'air constructive continue, autre que celle située du côté extérieur de la paroi, est proscrite.

#### Note

L'existence et la ventilation d'une lame d'air est toujours admise même si elle n'est pas requise.

### 3.8. • Profils translucides

Des profils translucides dans la même géométrie que certains profils acier sont commercialisés afin d'assurer l'éclairage naturel des locaux dans le cas des bardages simple peau ou double peau.

Ces profils doivent faire l'objet d'une évaluation technique qui détermine notamment leurs performances mécaniques et leur durabilité.

## Les types de bardages en acier à parements nervurés ou ondulés

# 4

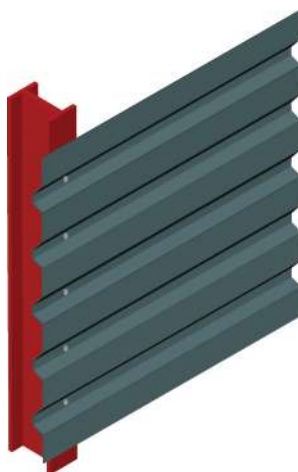


Les bardages en acier visés dans les Recommandations Professionnelles sont :

- les bardages simple peau ;
- les bardages simple peau rapportés sur éléments porteurs continus en béton ou maçonnerie ;
- les bardages double peau ;
- les bardages à peaux multiples (plus de 2 peaux).

### 4.1. • Bardage simple peau

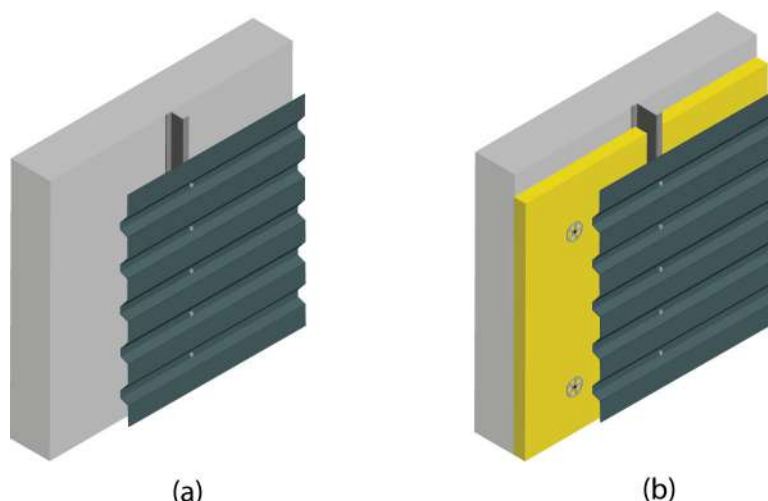
Paroi composée de plaques nervurées ou ondulées posées horizontalement ou verticalement ou en oblique, généralement de grandes longueurs, fixées sur l'ossature principale du bâtiment ou sur une ossature secondaire constituant la façade (Figure 2).



▲ Figure 2. Exemple de bardage simple peau en pose horizontale

## 4.2. • Bardage rapporté

Paroi composée de plaques nervurées ou ondulées posées horizontalement ou verticalement ou en oblique et fixées sur une ossature rapportée sur une paroi en béton ou maçonnerie avec ou sans isolant thermique (Figure 3).

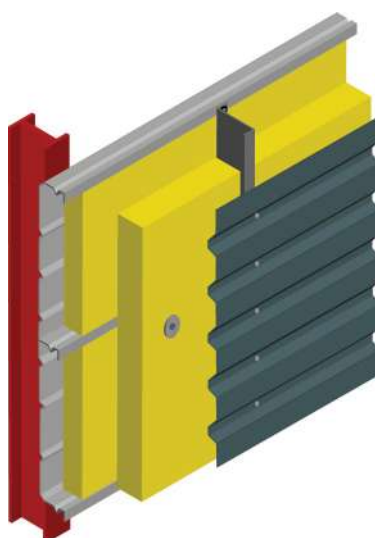


▲ Figure 3. Exemples de bardages rapportés en pose horizontale. (a) sans isolation thermique. (b) avec isolation thermique

## 4.3. • Bardage double peau

### 4.3.1. • Bardage double peau courant

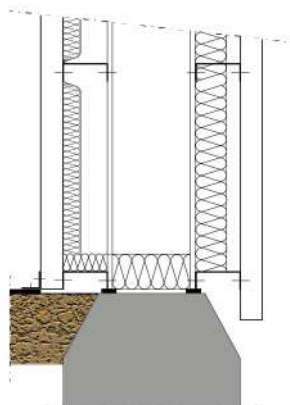
Le bardage double peau est constitué de plateaux fixés sur la structure porteuse, verticalement ou horizontalement, d'écarteurs éventuels, d'isolant et d'un parement extérieur constitué de plaques nervurées ou ondulées posées horizontalement ou verticalement ou en oblique (Figure 4).



▲ Figure 4. Exemple de bardage double peau en pose horizontale avec plateaux, écarteurs et double couche d'isolant

### 4.3.2. • Bardage à deux peaux dissociées

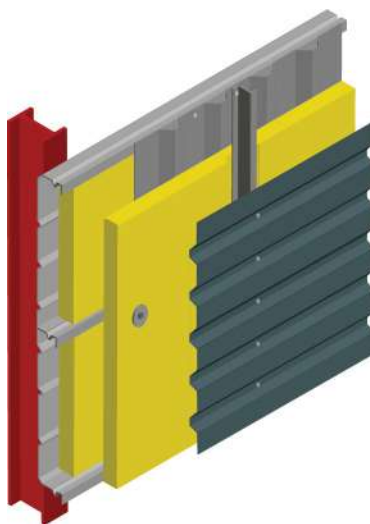
Le bardage double peau peut être également constitué de deux peaux fixées de part et d'autre de l'ossature porteuse. Il est alors dénommé bardage à deux peaux dissociées (Figure 5).



▲ Figure 5. Principe du bardage à deux peaux dissociées de part et d'autre de l'ossature porteuse

### 4.4. • Bardage à peaux multiples (plus de deux peaux)

C'est un bardage double peau dans lequel on rajoute une ou plusieurs peaux intermédiaires. Il peut être constitué de plateaux, d'isolants, d'une ou plusieurs peaux en acier intermédiaire(s), d'écarteurs et d'une peau extérieure (Figure 6).



▲ Figure 6. Exemple de bardage à peaux multiples

#### Note

Les bardages à peaux multiples sont notamment réalisés lorsque des exigences fortes en isolation acoustique sont requises.

# Description des façonnés de finition et compléments de bardages extérieurs

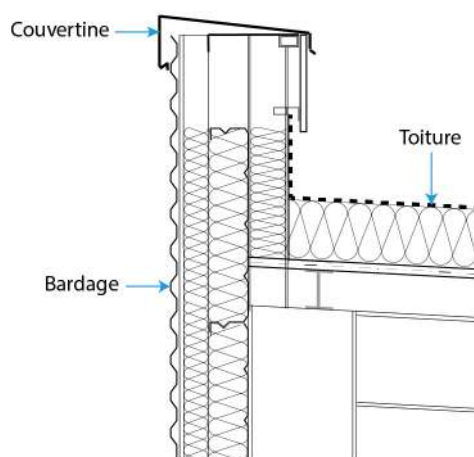
## 5



### 5.1. • Façonnés en acier

#### 5.1.1. • Couvertine

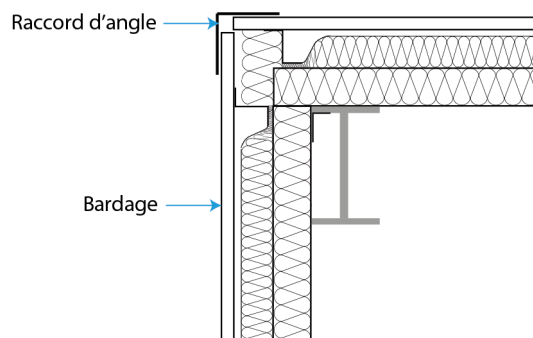
Tôle pliée couvrant la partie supérieure de la saillie verticale d'une façade au-dessus du niveau de la couverture ou de la toiture (Figure 7).



▲ Figure 7. Principe de la couvertine en tête d'acrotère

#### 5.1.2. • Angle extérieur (retour d'angle)

Pièces pliées habillant les angles extérieurs d'un bâtiment et assurant la continuité de la protection apportée par le parement extérieur (Figure 8).



▲ Figure 8. Exemple de raccord d'angle

### 5.1.3. • Appui et linteau de châssis

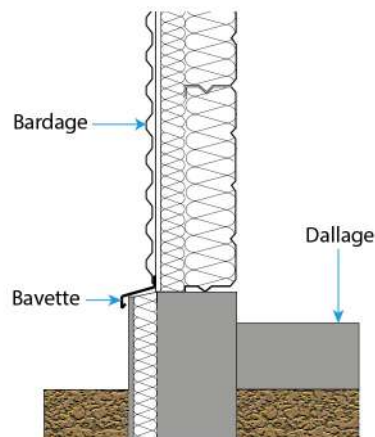
Pièce en acier horizontale d'habillage assurant l'étanchéité et le raccordement entre le châssis et le bardage en allège.

### 5.1.4. • Jambage

Pièce en acier verticale assurant la continuité de l'habillage du bardage au droit d'un châssis ou d'une porte (Figure 50).

### 5.1.5. • Bavette (ou larmier)

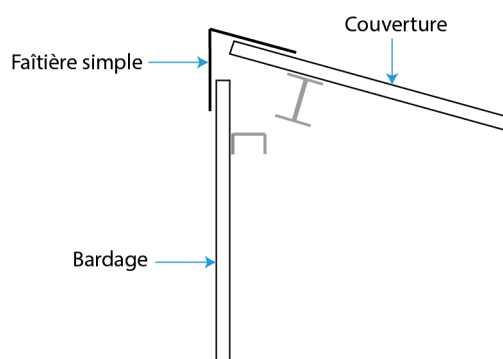
Pièce en acier horizontale, interrompant le ruissellement des eaux de pluie, le long des façades et formant jet d'eau (Figure 9).



▲ Figure 9. Exemple de bavette en pied de bardage

### 5.1.6. • Faîtage simple – bandeau de faîtage

Pièce en acier pliée assurant la continuité de la protection au faîtage entre le bardage et la couverture simple peau (Figure 10).



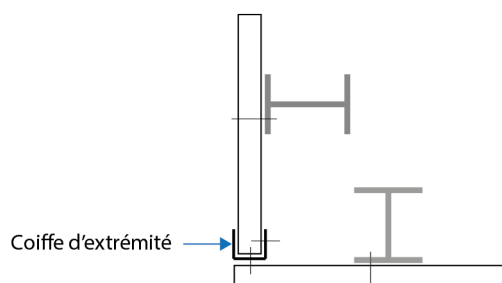
▲ Figure 10. Exemple de faîtière simple

### 5.1.7. • Rive en pignon

Pièce en acier pliée assurant la continuité de la protection entre la rive d'une couverture et le bardage.

### 5.1.8. • Coiffe d'extrémité de plateau

Pièce en acier en U (ajustée sur l'épaisseur hors tout des plateaux concernés) de raidissement et de liaisonnement des extrémités de plateaux dépassant en porte-à-faux l'angle extérieur d'un bardage (Figure 11).



▲ Figure 11. Exemple de coiffe d'extrémité de plateau

## 5.2. • Compléments d'étanchéité

Ils s'utilisent, notamment en pose horizontale, pour obturer l'espace entre deux parements nervurés ou ondulés. Il peut s'agir de bandes en mousse compressible ou de cordons préformés malléables.

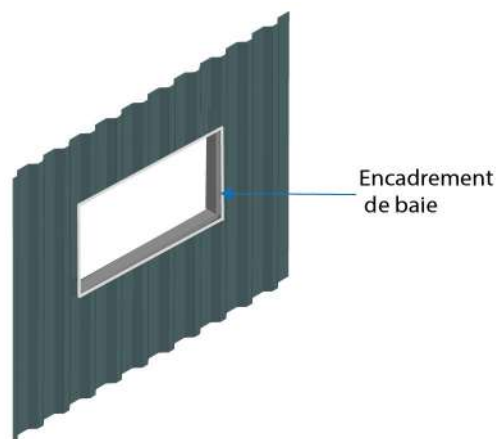
## 5.3. • Closoirs mousse

Bandes de mousse éventuellement adhésives, découpées à la forme du profil, destinées à calfeutrer les ondes des plaques.

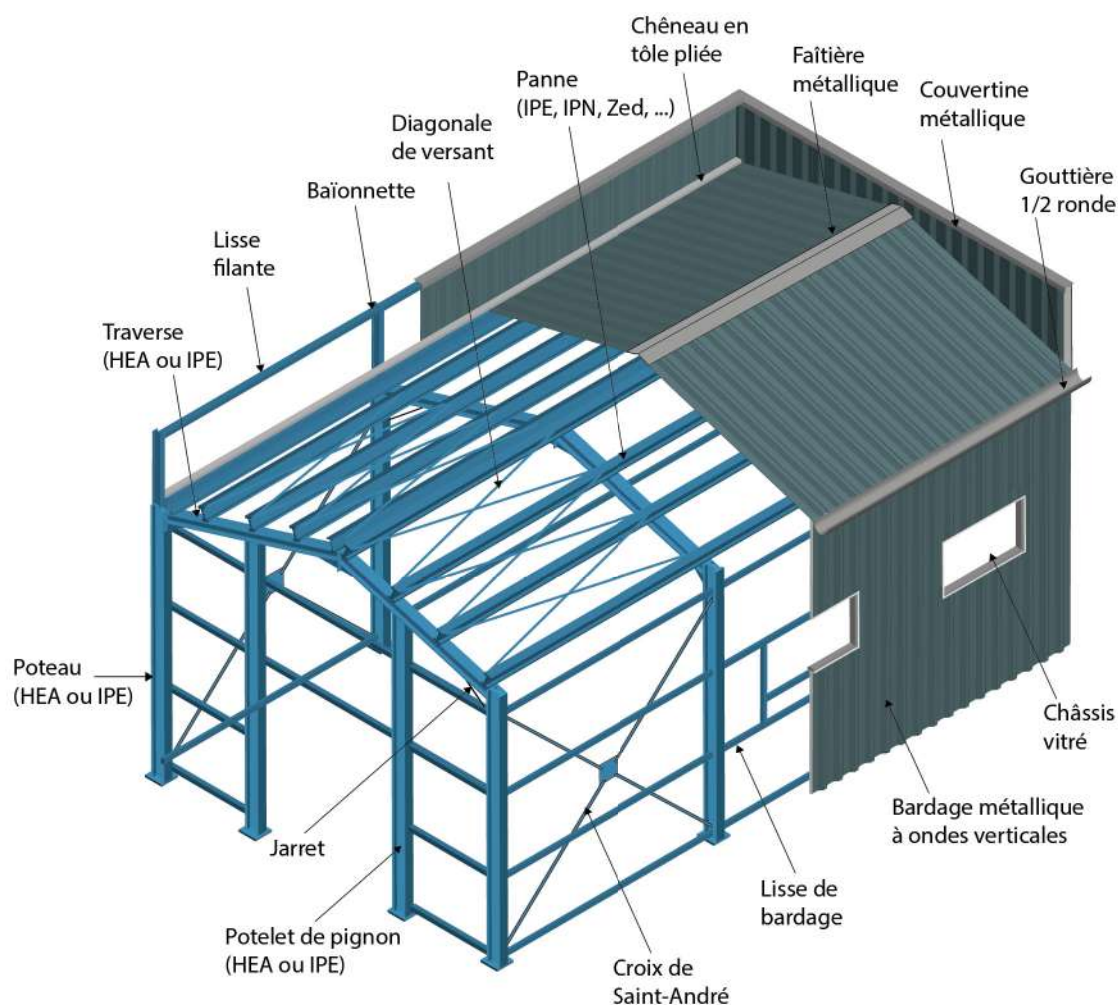


## 5.4. • Encadrements d'ouvertures

Pièces en acier arrêtant le bardage verticalement et horizontalement sur le pourtour d'une baie équipée d'une porte, d'une fenêtre ou d'une grille de ventilation. L'étanchéité entre l'encadrement et le bardage doit être assurée en respectant notamment les dispositions constructives de la (Figure 12) et de la (Figure 17).



▲ Figure 12. Exemple d'encadrement d'ouverture



▲ Figure 13. Terminologie de la structure et de l'enveloppe du bâtiment

# 6

## Conception des ouvrages

Ce chapitre donne les méthodes et données nécessaires pour la conception de façades en bardages acier. Les façades doivent répondre à des impératifs fonctionnels, servant de base à la conception, à la fabrication et à la mise en œuvre des ensembles et sous-ensembles les constituant. Les Documents Particuliers du Marché (DPM) doivent donner les informations minimales telles qu'indiquées dans l'[Annexe P], afin que le bardeur puisse procéder à la détermination des actions et des sollicitations agissant sur le bardage et comparer ces dernières avec les actions et sollicitations résistantes fournies par le producteur de plaques nervurées ou ondulées et plateaux.

La conception porte sur l'ensemble des points suivants :

- actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage (cf. 6.1) ;
- stabilité de l'ouvrage (cf. 6.2) ;
- résistance mécanique des façades aux chocs de sécurité (cf. 6.3) ;
- flèches à respecter (cf. 6.4) ;
- prise en compte de la dilatation thermique (cf. 6.5) ;
- isolation thermique et comportement hygrothermique (cf. 6.6) ;
- satisfaction des exigences d'étanchéité à l'eau (cf. 6.7) ;
- satisfaction de l'exigence de perméabilité à l'air (cf. 6.8) ;
- isolation et/ou absorption acoustique (cf. 6.9) ;
- comportement au feu (réaction et/ou résistance au feu) (cf. 6.10) ;
- durabilité (cf. 6.11) ;
- exigences environnementales et sanitaires (cf. 6.12) ;
- entretien ou réparation des peaux extérieures de bardage (cf. 6.13) ;
- protection du bas de bardage (cf. 6.14).

## 6.1. • Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage

### 6.1.1. • Actions permanentes

Le poids propre des bardages et des façonnés est repris par les fixations. Aucun élément autre que les façonnés ne doit être fixé sur le bardage. Des éléments comme les enseignes publicitaires, les brise-soleil, les coffres de volets roulants, etc., doivent être fixés à la structure porteuse (cf. 3.1).

Lorsque la flexion des lèvres de plateaux sous poids propre supporté est excessive (cf. 6.2.2), des dispositifs de reprise de charge verticale sont à prévoir.

### 6.1.2. • Actions climatiques : le vent

L'action du vent peut être établie de deux manières différentes dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) :

- Soit à partir des Règles NV 65 modifiées 2009 :
  - par un calcul complet selon ces règles ;
  - par l'utilisation d'un calcul simplifié selon l'[Annexe K] du présent document ;
- Soit à partir de l'Eurocode NF EN 1991-1-4, son annexe nationale et ses amendements et corrigendum :
  - par un calcul complet selon cette norme ;
  - par l'utilisation d'un calcul simplifié selon l'[Annexe D] du présent document.

#### Note

L'attention est attirée sur l'importance que revêt le choix du référentiel pour l'action du vent car il conditionne le référentiel à utiliser pour déterminer les capacités résistantes des profils et donc la fiche technique charges/portées adaptée (cf. Tableau 1).

### 6.1.3. • Méthodes de calcul associées aux actions du vent

Les 4 méthodes décrites ci-dessous sont considérées équivalentes du point de vue de l'évaluation des performances des profils.

**A. Calcul de la charge de vent selon les Règles NV 65 et des caractéristiques mécaniques des profils aux contraintes admissibles selon les règles professionnelles de 1981 [Annexe O]**

Les charges du vent sont déterminées conformément aux Règles NV 65 modifiées 2009 ou selon l'Annexe K du présent document (méthode simplifiée).

Les charges admissibles des profils sont établies aux contraintes admissibles par essais tel qu'indiqué dans les règles professionnelles bardage de 1981 [Annexe O].

La fiche technique charges/portées du profil indique ces référentiels (règles bardage de 1981 et NV 65).

#### Note 1

Ce principe de calcul est retenu pour une période transitoire compte tenu de la disparition à terme du référentiel NV 65.

### B. Calcul de l'action du vent selon l'Eurocode (NF EN 1991-1-4) et des caractéristiques mécaniques des profils aux états limites selon l'Eurocode (NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5) et leurs annexes nationales et corrigendum

Les actions du vent sont déterminées conformément à la norme NF EN 1991-1-4, son annexe nationale NF EN 1991-1-4-NA et ses amendements et corrigendum ou selon l'[Annexe D] du présent document (méthode simplifiée).

Les capacités et sollicitations résistantes aux états limites des profils sont établies par calculs ou essais selon les normes NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5 et selon les Annexes L (compléments sur les calculs) et M (compléments sur les essais) du présent document.

La fiche technique charges/portées indique ce référentiel NF EN 1991-1-4, NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5. Elle est établie conformément au Tableau N1b de l'[Annexe N] du présent document.

#### Note 2

Ce principe de calcul provient de l'harmonisation européenne des règles de calcul.

### C. Calcul de l'action du vent selon les Règles NV 65 modifiées 2009 avec coefficient correcteur et détermination des caractéristiques mécaniques des profils aux états limites selon l'Annexe E des pré-sentes Recommandations Professionnelles

Les actions du vent sont déterminées conformément aux Règles NV 65 modifiées 2009 ou selon l'[Annexe K] du présent document (méthode simplifiée) mais en corrigeant forfaitairement cette action du vent comme indiqué ci-dessous :

- vis-à-vis des états limites ultimes (ELU) de résistance : Prise en compte par correction de 1,2 fois la « charge normale  $q$  » des Règles NV 65 modifiées 2009 ( $W_k = 1.2 \times q$ ) ;
- vis-à-vis des états limites de services (ELS) : Prise en compte de la « charge normale  $q$  » ( $W_k = q$ ).

$W_k$  est la charge caractéristique de vent (en daN/m<sup>2</sup>).  $k = 50$  pour une période de retour de 50 ans.

Ces actions caractéristiques font ensuite l'objet de combinaisons aux ELU ou aux ELS tels qu'indiqués dans la note ci-dessous suivant que l'on vérifie la résistance (ELU) ou un déplacement (ELS).

### Note 3

Cette correction permet lors des pondérations des actions de retrouver l'équivalent du 1,75 de coefficient de sécurité du vent extrême des NV 65 modifiées 2009.

$$\text{ELU : } 1.5 \times W_k = 1,5 \times 1,2 \times q = 1,8 \times q$$

$$\text{ELS : } 1.0 \times W_k = 1.0 \times q \text{ (le rapport flèche/portée a été adapté pour passer des NV 65 à la NF EN 1991-1-4 (cf. 6.4)).}$$

Les capacités résistantes des profils sont établies aux états limites par essais tel qu'indiqué dans l'[Annexe E] du présent document.

La fiche technique charges/portées du profil indique ces référentiels (Règles NV 65 modifiées 2009 avec coefficient correcteur et [Annexe E] des présentes Recommandations Professionnelles). Elle est établie conformément au Tableau N1a de l'[Annexe N] du présent document.

#### D. Calcul de l'action du vent selon l'Eurocode (NF EN 1991-1-4) et des caractéristiques mécaniques des profils aux états limites selon l'Annexe E des présentes Recommandations Professionnelles

Les actions du vent sont déterminées conformément à la norme NF EN 1991-1-4, son annexe nationale NF EN 1991-1-4-NA et ses amendements et corrigendum ou selon l'[Annexe D] du présent document (méthode simplifiée).

Les capacités résistantes des profils sont établies aux états limites par essais tel qu'indiqué dans l'[Annexe E] du présent document.

La fiche technique charges/portées du profil indique ces référentiels (NF EN 1991-1-4 et [Annexe E] des présentes Recommandations Professionnelles). Elle est établie conformément au Tableau N1a de l'[Annexe N] du présent document.

## 6.1.4. • Actions accidentelles

### Séisme

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) doivent définir la zone de sismicité, la classe de sol et la catégorie d'importance du bâtiment, au sens de l'arrêté du 22/10/2010. Pour les bâtiments de catégorie d'importance IV, les critères d'intégrité/fonctionnalité doivent être précisés. A défaut de prescriptions particulières dans les DPM, seule la non chute d'éléments est considérée.

### Chocs de conservation des performances

Les bardages simple et double peau sont naturellement sensibles aux chocs de petits corps durs (0,5 kg/3J et 1 kg/10J).

Le classement du bardage est Q4 (voir cahier du CSTB 3546-V2 et la norme P 08-302).



## 6.2. • Stabilité de l'ouvrage

### 6.2.1. • Principes de dimensionnement des plateaux, de la peau extérieure, des éventuels écarteurs et des fixations

La vérification de la stabilité des bardages est à faire pour chaque chantier. Elle est basée sur la comparaison des sollicitations agissantes dues au vent avec les capacités résistantes des profils et leurs flèches limites. Les méthodes de calculs sont décrites au paragraphe 6.1.3.

Dans le présent document ne sont considérés que des produits de classe de construction III (non structurels), au sens de la NF EN 1993-1-3.

Le Tableau 1 récapitule les différentes fiches de produits disponibles en fonction des référentiels vents couverts par ce document.

Méthode de Vérification Selon §6.1.3	Type de sollicitations	Référentiel vent	Principe de dimensionnement	Méthode de vérification	Fiche technique
A	Vent normal	Règles NV 65 modifiées 2009 ou Annexe K	Contraintes admissibles	RP 1981	Selon Annexe A RP 81 (Annexe O du présent document)
B	Vent caractéristique	NF EN 1991-1-4 + annexe nationale + corrigendum ou Annexe D	Eurocodes	(NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5) et Annexes L et M	Selon Tableau N1b de l'Annexe N
C	Vent caractéristique	Règles NV 65 modifiées 2009 corrigées par 1.20 aux ELU et 1.00 aux ELS*	États limites	Annexes E et N	Selon Tableau N1a de l'Annexe N
D	Vent caractéristique	NF EN 1991-1-4 + annexe nationale + corrigendum ou Annexe D	États limites	Annexes E et N	Selon Tableau N1a de l'Annexe N

\* Voir paragraphe 6.1.3 – C

▲ Tableau 1 – Différents modes de dimensionnement des profils de bardages et fiches techniques associées

### 6.2.2. • Stabilité sous les sollicitations dues au poids propre

Les vérifications à mener concernent la limitation de la flèche des lèbres de plateaux sous poids propre selon soit le paragraphe 6.2.2.1 soit le paragraphe 6.2.2.2 du présent document.





Par ailleurs, la stabilité des structures porteuses doit être assurée dans le respect des règles de conception et de calcul Eurocode qui leurs sont propres.

### 6.2.2.1. • Dispositions forfaitaires dispensant de vérifier la flèche des lèvres de plateaux

Le poids surfacique du système rapporté (peau extérieure et écarteurs) en avant des lèvres de plateaux est limité suivant le tableau 2 ci-après.

Il est possible d'augmenter les distances mais dans ce cas la charge est diminuée dans la même proportion.

Lorsque les écarteurs sont en appui en partie basse ou suspendus en partie haute, il n'y a pas lieu de vérifier le déplacement vertical des lèvres de plateaux.

Les écarteurs éventuels doivent répartir les efforts sur au moins trois lèvres de plateaux et sont à fixer sur chacune des lèvres d'appui.

Largeur $b_u$ de plateaux perforés, crevés ou pleins (mm) (Ep. : 0,75 mm mini)	Hauteur $h$ de plateaux (mm)	Masse surfacique maximale de la peau extérieure et des écarteurs (Kg/m <sup>2</sup> )	Hauteur maximale $h'$ d'écarteur (mm)		Espacement maximum entre écarteurs (mm)
			Zed 40xh'x40(*)	Omega ou U 40xh'x40xh'x40(*)	
400	70 à 92	16	150	200	2000
450	70	16	150	200	2000
500	90	16	150	200	2000
600	100 à 130	10	100	100	2000
600	135 à 160	8	100	100	2000

(\*) Fixé à chaque croisement lèvre de plateau/ossature : fixations diamètre mini 5,5 mm

▲ Tableau 2 – Dispositions constructives concernant les hauteurs et espacements des écarteurs

### 6.2.2.2. • Méthode de vérification de la flèche des lèvres de plateaux par calcul

Pour vérifier la flèche verticale  $u$  des lèvres de plateaux, il convient de ne pas négliger l'effet de la souplesse des liaisons entre écarteurs et plateaux pour l'appréciation des déplacements (flèches).

La limitation de la déformation  $u$  des lèvres de plateaux, fixée à  $h/15$ , est calculée selon la formule ci-dessous :

$$u = \left( \frac{g \times l \times b_u \times 10}{1000^2} \right) \left[ \left( \frac{b_u \times h}{3} \right) \times h + \frac{h^3}{3} \right] \times \frac{12 \times (1 - \nu^2)}{l \times 3,5 \times E \times t^3}$$

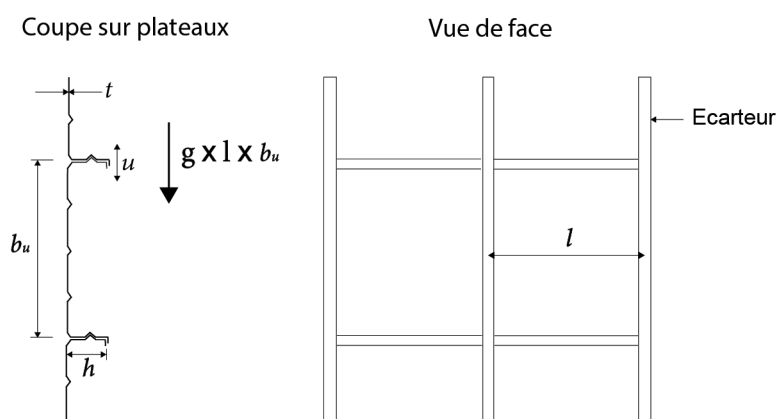
Avec :

- $u$  : déplacement vertical des lèvres de plateaux sous l'action des charges appliquées à l'écarteur (en mm) ;
- $g$  : charge par plateau au niveau supérieur des lèvres (en daN/m<sup>2</sup>) ;

- $b_u$  : largeur des plateaux en mm (de 400 à 600 mm) ;
- $h$  : hauteur du plateau en mm (de 70 à 165 mm) ;
- $l$  : espacement des écarteurs (en mm) ;
- $\nu$  : coefficient de poisson de l'acier (0,3) ;
- $E$  : 210 000 MPa ;
- $t$  : épaisseur nominale du plateau en mm (0,75 à 1,25 mm) ;
- 3,5 = nombre de lèvres assemblées participant à la rigidité.

La formule ci-dessus prend en compte la déformation des plages et lèvres.

Lorsque la flèche verticale  $u$  dépasse  $h/15$ , des dispositifs de reprise de charges permanentes aux niveaux des écarteurs sont nécessaires sur la structure porteuse.



▲ Figure 14. Déplacement vertical 'u' des lèvres de plateaux

### 6.2.2.3. • Tenue au cisaillement des assemblages

Dans la mesure où les dispositions technologiques du paragraphe 6.2.4.4.1 sont toutes respectées, et que la résistance caractéristique ( $P_k$ ) au cisaillement des vis ou clous utilisés est supérieure à 200 daN, la vérification au cisaillement des fixations des plateaux sur la structure sous poids propre est réputée satisfaite.

### 6.2.3. • Stabilité sous sollicitations des actions du vent

La stabilité des structures porteuses doit être assurée dans le respect des règles de conception et de calcul Eurocode qui leurs sont propres.

Les façades, quelle que soit leur conception et indépendamment de la nature des matériaux employés, doivent en plus de leur poids propre et des charges permanentes, résister aux efforts dus au vent.

Ces efforts sont concrétisés par une pression et/ou une dépression établie soit selon les Règles NV 65 modifiées 2009, soit selon la NF EN 1991-1-4.





Lorsque les pièces du marché imposent l'application des Eurocodes, la classe de construction III de la NF EN 1993-1-3 s'applique pour déterminer les performances mécaniques résistantes des profils par calculs ou essais et la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale et corrigendum pour déterminer les efforts agissants de vent.

Lorsqu'un dimensionnement est effectué selon les Eurocodes, les Règles NV 65 ne doivent pas être utilisées.

### Note

Les deux référentiels NV/PS et Eurocodes ne doivent pas être mixés.

## 6.2.4. • Comportement au séisme

### 6.2.4.1. • Champ couvert par les présentes Recommandations Professionnelles

Les présentes Recommandations Professionnelles visent à atteindre l'objectif de non chute des éléments en cas de séisme quels que soient la zone sismique, la catégorie d'importance de bâtiment et le type de sol considéré.

Le Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti concernant les justifications parasismiques pour le bâtiment à « risque normal » (Guide ENS – 2013) s'applique.

Pour des exigences d'intégrité/fonctionnalité dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance IV, il convient que les DPM fixent les exigences complémentaires à atteindre.

Lorsque la hauteur  $h$  de bardage est inférieure à  $h_{lim}$  et sa masse surfacique  $m$  est inférieure à  $m_{lim}$  conformément aux dispositions du tableau 1.3 du guide ENS (tableau ci-après), ce bardage peut ne pas faire l'objet d'une analyse parasismique au sens de la NF EN 1998-1.

Familles d'éléments non structuraux du cadre bâti	Domaine d'application par famille notamment : – hauteur de référence ( $h_{lim}$ ) – masse de référence ( $m_{lim}$ )
Eléments de façade	Fixation à la structure par liaison mécanique seule : – $h_{lim} = 3,5 \text{ m}$ – $m_{lim} = 25 \text{ kg/m}^2$

Lorsque le bardage doit faire l'objet d'une analyse sismique au sens de la NF EN 1998-1, les dispositions réglementaires à suivre pour des supports acier ou béton avec insert ou bois sont définies au paragraphe 6.2.4.2 du présent document en complément du guide ENS.

La justification sismique des bardages peut se faire :

- par respect des dispositions constructives courantes du présent document (cas A du Tableau 3) ;
- par respect des dispositions constructives minimales définies au paragraphe 6.2.4.4.1 (cas B du Tableau 3) ;



- par essais conformément à l' [Annexe C] du présent document (cas C du Tableau 3) ;
- par calculs conformément à la NF EN 1998-1 tels que définis au paragraphe 6.2.4.4.2 du présent document. Dans ce cas, l'analyse sismique au sens de la NF EN 1998-1 est à mener en suivant les démarches de justifications données aux annexes 1 et 2 du guide ENS.

#### 6.2.4.2. • Le référentiel

Les justifications sismiques sont à faire conformément à l'Eurocode 8 (ou PS92 jusqu'au 31 décembre 2013) complété par le guide ENS et par les dispositions du présent document ou par essais conformément à l' [Annexe C] du présent document.

A compter du 1<sup>er</sup> janvier 2014, le seul référentiel applicable en matière de justification parasismique des ouvrages est l'Eurocode 8 partie 1 et son annexe nationale et corrigendum.

Les bardages traditionnels sont des éléments non structuraux d'enveloppe au sens des Eurocodes. Leur utilisation comme maintien local des lisses ou comme diaphragme n'est pas visé dans le cadre de ce document.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) doivent définir la zone de sismicité, la classe de sol et la catégorie d'importance du bâtiment, au sens de l'arrêté du 22/10/2010.

#### 6.2.4.3. • Nature des éléments de bardage

Les procédés de bardages visés dans les présentes Recommandations Professionnelles sont considérés, au sens du paragraphe 4.4.3.2 de l'Eurocode 8 partie 1, comme des éléments non structuraux ductiles ( $q_a = 2$ ).

#### 6.2.4.4. • Protection contre le risque sismique

Les présentes Recommandations Professionnelles s'appliquent à tout type de bâtiment de catégorie d'importance I à IV, en zones de sismicité de 1 à 4 et pour toutes classes de sol A à E.

Pour les bâtiments de catégorie d'importance IV, les critères de fonctionnalité doivent être précisés dans les DPM [Annexe P].

##### 6.2.4.4.1. • Dispositions constructives

Le Tableau 3, ainsi que les descriptions qui suivent, précisent les dispositions constructives minimales en fonction des zones de sismicité et des catégories d'importance.



Zones de sismicité	Catégories d'importance			
	I	II	III	IV
<b>1</b>	Cas A	Cas A	Cas A	Cas A
<b>2</b>	Cas A	Cas A	Cas B	Cas C (1)
			Cas C	
<b>3</b>	Cas A	Cas B	Cas B	Cas C (1)
		Cas C	Cas C	
<b>4</b>	Cas A	Cas C	Cas C	Cas C (1)
(1) A défaut de précision dans les DPM, n'est visé que le critère de non chute.				

▲ Tableau 3 – Dispositions constructives en fonction des zones de sismicité et des catégories d'importance

### Note 1

En zone de sismicité 2 :

Pour les bâtiments de catégorie d'importance III, les dispositions constructives minimales sont données au Cas B. Si ces dispositions ne sont pas respectées, celles du Cas C doivent être considérées.

En zone de sismicité 3 :

Pour les bâtiments de catégorie d'importance II et III, les dispositions constructives minimales sont données au Cas B. Si ces dispositions ne sont pas respectées, celles du Cas C doivent être considérées.

### Note 2

Pour rappel, ce tableau 3 n'est pas d'application si l'ouvrage respecte le 4<sup>e</sup> alinéa du paragraphe 6.2.4.1 :

- hauteur  $h$  de bardage  $< h_{lim}$ ,
- masse surfacique  $m < m_{lim}$ .

### Cas A (Cases blanches du Tableau 3)

Aucune exigence réglementaire parasismique à considérer, sauf exigences particulières du maître d'ouvrage.

### Cas B (Cases vertes du Tableau 3)

- **Bardages simple peau en plaques nervurées :**

Les plaques nervurées en acier sont mises en œuvre en respectant les dispositions de reprise des actions du vent et du poids propre définies dans les présentes Recommandations Professionnelles.

Conditions d'interruption des bardages au droit de chaque plancher :

- Si la structure porteuse est interrompue au droit de chaque plancher, le bardage simple peau est interrompu au niveau du plancher.

- Si la structure porteuse n'est pas interrompue au droit de chaque plancher :
  - o Le bardage simple peau avec nervure horizontale peut être laissé continu.
  - o Le bardage simple peau avec nervure verticale doit être interrompu avec, soit un simple recouvrement, soit une bavette.

- **Bardages double peau en plaques nervurées :**

En complément des dispositions de reprise des actions du vent et du poids propre prévues par les présentes Recommandations Professionnelles, il y a lieu de respecter les conditions suivantes :

- Les portées des plateaux posés horizontalement sont limitées à 6 m. Cette portée peut être étendue au-delà de 6 m, sans excéder 8 m, en respectant l'ensemble des autres dispositions technologiques dans le respect de la masse globale des maquettes d'essais et des masses reprises par fixation. Une note de calcul est dans ce cas nécessaire en vue de préciser notamment la masse globale des maquettes d'essais et les masses reprises par les fixations figurant dans ces rapports d'essais ;
- Les plateaux posés verticalement ne sont pas visés ;
- Le nombre minimum de fixations par plateau et par appui est de 3, par vis, clous (plateaux pleins), ou tirefond conformément à l' [Annexe F] du présent document ;
- Les plateaux sont couturés tous les 1 m par des vis autoperceuses en acier de diamètre 4,8 mm minimum.

De plus, en cas de pose des plaques nervurées en acier sur écarteurs :

- La hauteur des écarteurs en profil Zed ou Oméga ou U est de 80 mm maximum ;
- La fixation des écarteurs sur toutes les lèvres de plateaux est réalisée par une vis autoperceuse de diamètre 5,5 mm mini ;
- La masse de la peau extérieure et de l'écarteur est limitée à 16 kg/m<sup>2</sup> ;
- La densité de fixations par vis autoperceuses de la peau extérieure est établie au cas par cas en fonction des efforts de vent.

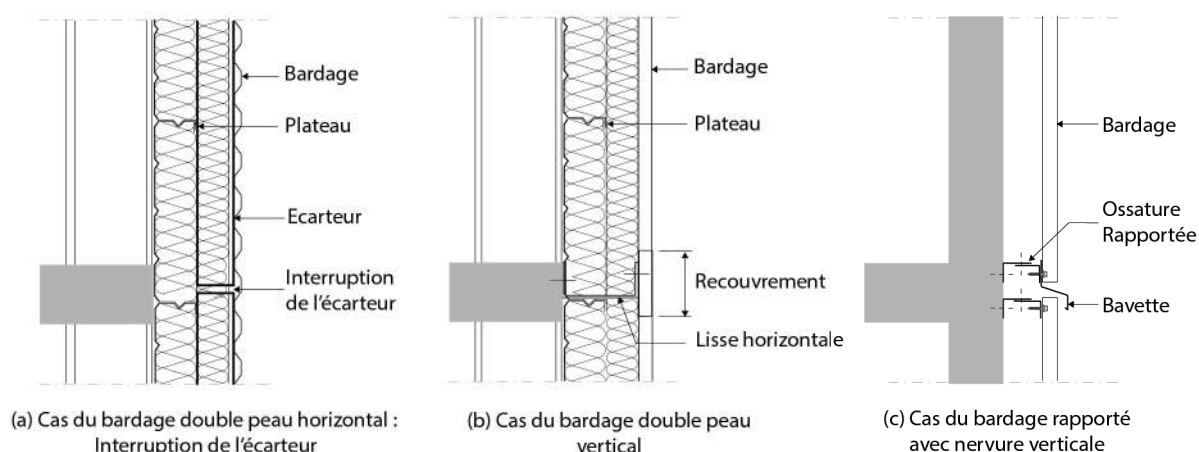
Conditions d'interruption des bardages au droit de chaque plancher :

- Si la structure porteuse est interrompue au droit de chaque plancher, le plateau, les écarteurs et la peau extérieure doivent être interrompus au niveau du plancher.
- Si la structure porteuse n'est pas interrompue au droit de chaque plancher :
  - o Les écarteurs doivent être interrompus au niveau du plancher. En revanche, le plateau et le bardage extérieur horizontal peuvent être laissés continus (Figure 15. a) ;



o Dans le cas d'une peau extérieure avec nervures verticales, celle-ci est interrompue avec un recouvrement, les écarteurs sont posés à  $45^\circ \pm 15^\circ$ , interrompus au niveau du plancher avec ajout d'une ossature horizontale en nez de plancher (Figure 15. b).

o S'il n'y a pas d'écarteurs, les plateaux et le bardage peuvent être laissés continus.



▲ Figure 15. Interruption du bardage au droit du plancher

#### • Cas des bardages rapportés :

Les pattes et leurs fixations sont à justifier par essais ou par calculs, au cas par cas (cf. Annexe C).

Les dispositions pour les bardages rapportées sont données dans le cahier du CSTB 3725.

Lorsque les dispositions technologiques ci-dessous sont respectées, les systèmes de bardages rapportés et leurs assemblages répondent aux exigences de la réglementation sismique pour les zones de sismicité 1 à 4, bâtiments de catégorie d'importance I à IV :

- Pattes équerres de longueur  $\leq 200$  mm ;
- Entraxe vertical maximum des pattes équerres : 1 m ;
- Entraxe maximum des montants : 1 m ;
- Masse maximale de la peau extérieure :  $16 \text{ kg/m}^2$ .

#### Conditions d'interruption des bardages au droit de chaque plancher :

- L'ossature rapportée est interrompue au droit de chaque plancher ;
- La peau extérieure est interrompue ou non au droit des planchers selon les dispositions de pose du bardage simple peau (exemple : avec bavette (Figure 15. c), simple recouvrement et continuité : se reporter aux Figures 15.b et 15.a de la pose en double peau).



### Cas C (cases orange du Tableau 3)

Sont visées ici toutes les dispositions technologiques différentes de celles décrites au cas B.

Un laboratoire habilité en sismique (cf. Annexe C) précisera le domaine d'emploi et les dispositions constructives au travers d'un rapport d'étude sur la base des résultats d'essais réalisés selon l' [Annexe C] du présent document.

Dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance IV en zones de sismicité de 2 à 4, le maître d'ouvrage (ou la maîtrise d'ouvrage) définira les mesures préventives pour garantir la continuité de fonctionnement.

A défaut d'exigences définies par la maîtrise d'ouvrage, les dispositions de l' [Annexe C], justification des bardages en zone de sismicité, s'appliquent.

#### 6.2.4.4.2. • Note de calcul sismique

Conformément à la réglementation en vigueur, il est possible de justifier les bardages par une note de calcul selon la NF EN 1998-1, son annexe nationale et corrigendum, complétés par le guide ENS, pour déterminer les sollicitations sismiques agissantes  $F_a$ , et conformément à la NF EN 1993-1-3 et [Annexe C] du présent document pour déterminer les capacités résistantes des assemblages  $F_{a,Rd}$  et les déplacements limites entre étages  $\delta_{lim}$  que peut supporter l'ouvrage de bardage.

Critères à vérifier :

$$F_a \leq F_{a,Rd}$$
$$\delta_{lim} \geq \frac{0,0075 h}{\nu}$$

Avec :

h : hauteur entre étages ;

$\nu$  : coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages, fournie par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ( $\nu = 0.4$ ).

Objectifs recherchés : Applications étendues d'essais sismiques selon l'Annexe C.

Pour les bâtiments à risque normal :

Le comportement au-delà du domaine élastique permet d'aborder le critère de non chute d'éléments.

Un comportement dans le strict domaine élastique permet d'approcher certains aspects du critère de fonctionnalité.

Ces justifications impliquent de connaître le comportement dynamique du bâtiment (période propre de vibration, déplacements,...).

La justification par calcul complétée par des essais comprend à minima :

– Pour la vérification aux actions sismiques effort inertiel composante horizontale (cf. article 2.2 du guide ENS) :

Les efforts sismiques agissants  $F_a$  (effort inertiel, composante horizontale) sont calculés à partir des formules 4.24 et 4.25 du paragraphe 4.3.5.2 de la NF EN 1998-1 ou selon la méthode enveloppe du guide ENS détaillée en Annexe C (C.6).

Aucun effort sismique vertical ne doit être considéré, conformément au guide ENS (cf. article 2.3 du guide ENS).

Les bardages en acier et leur assemblage étant ductiles,  $q = q_a = 2$ .

Les efforts sismiques résistants  $F_{a,Rd}$  sont établis par essais selon l' [Annexe C] du présent document. Les dispositions du guide ENS s'appliquent également.

– Pour les vérifications des déplacements entre étages : Compatibilité avec les déformations de la structure c'est-à-dire la limitation des dommages et la sécurité des personnes (cf. article 2.4 du guide ENS) :

Les déplacements et angles agissants maximum que peuvent supporter les bardages doivent être compatibles avec les déplacements et angles agissants maximum du bâtiment prévus par l'Eurocode 8 (cf. tableau 2-6 du guide ENS définissant les déplacements capables de l'ENS  $\delta_{lim}$  ; information figurant dans les rapports d'essais du laboratoire habilité ; cf. Annexe C pour la définition des essais).

Les combinaisons d'actions à considérer sont données à l'article 2.5 du guide ENS.

Les méthodes de dimensionnement des assemblages sont données à l'article 2.6 du guide ENS. Les capacités résistantes des assemblages sont validées lors des essais effectués selon l'Annexe C.

#### 6.2.4.5. • Joints de fractionnement de la structure ou de séparation sismique

Les joints de séparation ou de fractionnement sismique de la structure doivent être prolongés au sein du bardage. Les principes retenus pour les joints de dilatation sont applicables aux joints de fractionnement (cf. 8.4.7).

Il n'y a pas lieu de prévoir des joints de fractionnement dans le bardage lorsqu'aucun joint n'est défini au niveau des structures porteuses.



### 6.3. • Résistance mécanique des façades aux chocs de sécurité intérieure

Cette exigence de sécurité est requise dans le cas de bâtiment à plusieurs niveaux.

Cette exigence est satisfaite lorsque les dispositions technologiques du présent document sont respectées.

### 6.4. • Flèches à respecter dans le plan perpendiculaire de la façade

La flèche admise, sous les pressions de vent pouvant solliciter les éléments formant les bardages, doit être limitée à 1/150<sup>e</sup> de leur portée dans le cas de l'utilisation de la NF EN 1991-1-4 et 1/200<sup>e</sup> dans le cas de l'utilisation des Règles NV 65 modifiées 2009.

La vérification de la flèche des lisses perpendiculairement à leur plan (L/150 au maximum à respecter) en cas de pose verticale des plateaux. Les lisses doivent être dimensionnées conformément à l'Eurocode structure qui les concerne.

#### Note

Les flèches habituelles au 1/200<sup>e</sup> sous vent aux contraintes admissibles sont corrigées pour tenir compte de l'augmentation moyenne du vent caractéristique Eurocode de 20 à 30 %, des états limites et pour conserver les portées en usage depuis plus de 30 ans.

### 6.5. • Prise en compte de la dilatation thermique

Les éléments de bardage doivent respecter les joints de dilatation du gros œuvre, définis, pour le béton armé, par l'Eurocode 2 NF EN 1992-1 et son annexe nationale, pour les charpentes en acier, par l'Eurocode 3 NF EN 1993-1 et son annexe nationale, et pour les ossatures bois selon l'Eurocode 5 NF EN 1995-1 et son annexe nationale. Il n'y a pas lieu de prévoir de joints de dilatation complémentaires en dehors des joints de dilatation de la structure.

#### 6.5.1. • Pour les bardages double et triple peau

Pour les bardages double et triple peau, aucune disposition particulière n'est à prendre en compte. Les éclissages des écarteurs peuvent être rigides.





### 6.5.2. • Pour les bardages rapportés

Les dispositions pour prendre en compte les dilatations sont mentionnées dans le cahier CSTB 3194. Les ossatures sont indifféremment bridées ou dilatables. Dans le cas d'ossature bridée, les plaques de bardage peuvent franchir le raccordement d'ossatures.

#### Note

Compte tenu de la limitation de la longueur du profil mince et de son blocage à chaque point de fixation au support, les plaques de bardage peuvent franchir le raccordement d'ossature dans le cas d'une conception bridée.

## 6.6. • Isolation thermique et comportement hygrothermique

### 6.6.1. • Isolation thermique

Si la réglementation thermique s'applique au bâtiment, une étude thermique doit être effectuée par un bureau d'études thermiques en vue d'établir les coefficients  $U_p$  nécessaires (y compris les ponts thermiques intégrés). Ces valeurs de  $U_p$  sont ensuite introduites dans les pièces du marché.

Conformément aux règles Th-Bât, les performances thermiques d'une paroi courante de l'enveloppe sont données par le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  tel que  $U_p = U_c + \Delta U$ .

Le coefficient  $U_p$  représente le flux thermique en régime stationnaire traversant la paroi par unité de surface, pour une différence de température de 1°C entre les milieux situés de part et d'autre de la paroi. Le coefficient  $U_p$  est à calculer en fonction de l'épaisseur et de la conductivité thermique  $\lambda$  de l'isolant en partie courante et des ponts thermiques (linéiques et ponctuels) intégrés à la paroi. Les calculs doivent être menés selon les règles Th-U et Th-bât, lesquelles prévoient les caractéristiques utiles en fonction de la fiabilité des informations relatives aux produits et systèmes. L'[Annexe I] donne le coefficient  $U_p$  pour différentes configurations de bardage.

Les jonctions du bardage, isolé, avec d'autres parois de l'enveloppe doivent être traitées, avec des compléments d'isolation, pour réduire les ponts thermiques de liaison [Annexe J].

#### Note 1

$U_p = U_c + \Delta U$  en  $W/(m^2.K)$ .

$U_c$  : coefficient de transmission surfacique en partie courante de la paroi (sans ponts thermiques intégrés).

$\Delta U$  : impact des ponts thermiques intégrés à la paroi.

**Note 2**

La conductivité thermique  $\lambda$  (W/m.K) de l'isolant peut être certifiée (ACERMI, ....)

## 6.6.2. • Comportement hygrothermique

### 6.6.2.1. • Classe d'hygrométrie

La définition de la classe d'hygrométrie est donnée en [Annexe B] du présent document et la classe du bâtiment doit être précisée dans les pièces du marché.

Dans le cadre de ce document, on ne vise que la faible et la moyenne hygrométrie.

### 6.6.2.2. • Conception hygrothermique des parois

Les plateaux pleins, sans joints entre les lèvres, réalisent un pare-vapeur en partie courante suffisant pour les ouvrages visés par les présentes Recommandations Professionnelles (à faible ou moyenne hygrométrie).

Dans le cas de plateaux perforés ou crevés, en l'absence de lame d'air ventilée, la fonction pare-vapeur est assurée par une feuille d'un  $s_d$  supérieure à 18 m ou d'une feuille en aluminium de 15  $\mu\text{m}$  mini ( $s_d$  est l'épaisseur d'air équivalent qui aurait la même résistance à la diffusion de vapeur que le matériau (en m)).

#### **A – Vis-à-vis des risques de condensation superficielle intérieure**

Pour prévenir les risques de condensation superficielle, côté intérieur du local, la température de la face intérieure du complexe de bardage doit rester supérieure à la température de rosée de l'ambiance.

Au droit des points singuliers (jonctions du bardage avec d'autres parois de l'enveloppe), les risques de condensation superficielle sont possibles lorsque les jonctions ne sont pas traitées, notamment avec des compléments d'isolation assurant la continuité thermique [Annexe J].

#### **B – Vis-à-vis des risques de condensation dans le bardage**

Les complexes de bardages constitués de plateaux, d'écarteurs, d'au moins deux couches d'isolant et d'un parement extérieur constitué de plaques nervurées ou ondulées (cf. 4.3) ne présentent aucun risque de condensation préjudiciable en faible et moyenne hygrométrie, lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- dans le cas de plateaux pleins, sans dispositions particulières ;
- dans le cas de plateaux perforés ou crevés :
  - soit il est incorporé un pare-vapeur;
  - soit une lame d'air ventilée est prévue entre l'isolant et les plaques nervurées.

Le pare-vapeur lorsqu'il est prévu peut être disposé :

- soit en fond de plateau avant l'isolant thermique ou acoustique ;
- soit dans l'épaisseur du bardage en s'assurant que la résistance thermique de l'isolant disposé avant le pare-vapeur (côté chaud) n'excède pas le 1/3 de la résistance thermique totale de l'isolant mis en œuvre dans le bardage (au droit des zones pleinement expansées).



**L'attention des concepteurs est attirée sur le fait que la présence d'une lame d'air ventilée sans pare-vapeur est de nature à générer des infiltrations d'air parasite peu compatibles avec une exigence d'étanchéité à l'air. Cette disposition est donc réservée à des ouvrages sans exigences spécifiques en termes de confort pour les usagers.**

### C – Cas des bardages avec doublage intérieur

Il est rappelé que les doublages intérieurs ne sont pas visés par les présentes Recommandations Professionnelles.

Lorsqu'un doublage intérieur autoportant est mis en œuvre en complément du complexe de bardage (amélioration des performances thermiques, de la finition intérieure,...) :

- il ne doit en aucun cas être en appui sur les plateaux ou encore fixé à ces derniers ;
- l'une des dispositions constructives suivantes doit être retenue :
  - dans le cas général, l'épaisseur de l'isolant de doublage doit être limitée de façon à ce que sa résistance thermique soit toujours inférieure ou égale à la moitié de celle du complexe de bardage (règle dite des « 2/3 – 1/3 ») ; les plateaux sont pleins et remplissent la fonction pare-vapeur ;
  - si la résistance thermique de l'isolant intégré au doublage ne permet pas de respecter la règle des « 2/3 – 1/3 », le pare-vapeur est alors prévu sur la face intérieure du doublage. Ce pare-vapeur devra être réalisé avec le plus grand soin pour garantir sa continuité. On pourra par exemple prévoir un « vide technique » entre le pare-vapeur et le parement intérieur pour éviter tout risque de percement. Les plateaux sont perforés ou crevés, les isolants sont mis en œuvre sans dispositif pare-vapeur et une lame d'air ventilée est ménagée entre l'isolant et la peau extérieure.

#### Note

La résistance thermique considérée pour le bardage est la résistance thermique « équivalente » obtenue en prenant en compte les ponts thermiques intégrés, soit  $R_{eq} = 1/U_p$ .



## D – Cas des bardages à peaux multiples

La peau intermédiaire en acier remplit naturellement une fonction de pare-vapeur. Pour prévenir les risques de condensation dans le bardage, l'une des dispositions constructives suivantes doit être retenue :

- quand les plateaux sont pleins ou perforés, aucune disposition spécifique n'est nécessaire si la règle des « 2/3 – 1/3 » de la résistance thermique de l'isolant est respectée (dans les mêmes conditions qu'au cas B ci-dessus) ;
- si la règle des « 2/3 – 1/3 » n'est pas respectée, il faut renforcer la fonction pare-vapeur des plateaux par l'ajout de compléments d'étanchéité à la vapeur au raccordement entre lèvres et sur leur appui d'extrémité. Dans ce cas, les lèvres de plateaux sont couturées tous les 50 cm environ.

## 6.7. • Étanchéité à l'eau

### 6.7.1. • Principe général

L'étanchéité à l'eau est assurée par la peau extérieure complétée le cas échéant par une lame d'air (ventilée ou non) respectant les dispositions constructives définies aux paragraphes 6.7.2 et 6.7.3, ci-après.

### 6.7.2. • Étanchéité à l'eau en partie courante

Les prescriptions générales suivantes ne concernent que la peau extérieure. Le recouvrement longitudinal se fait selon le paragraphe 7.1.1.

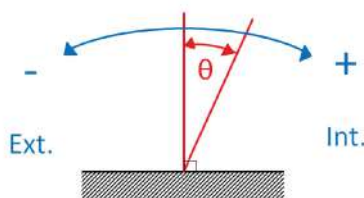
#### 6.7.2.1. • Cas de la pose verticale

- Le recouvrement transversal se fait au droit d'un appui (cas des ossatures secondaires, écarteurs obliques ou ossatures rapportées ; (Figure 43)) par superposition des extrémités des plaques nervurées.
- Le recouvrement transversal doit être de 70 mm minimum en pose verticale.
- Toutes les fixations, y compris celles de couture, doivent être munies d'un dispositif d'étanchéité (exemple : rondelle d'étanchéité).

Les prescriptions particulières doivent être conformes au Tableau 4 suivant.

Type de bardage		Bardage simple peau		Peau extérieure de bardage double peau ou rapporté		
Hauteur au-dessus du sol		$H \leq 20$ m	$20 < H \leq 50$ m	$H \leq 20$ m	$20 < H \leq 50$ m	$H > 50$ m sans excéder 70 m
Inclinaison du bardage par rapport à la verticale	$-30^\circ \leq \theta \leq +5^\circ$	I ou II	I ou II	I ou II	I ou II	II(*)
	$+5^\circ < \theta \leq +15^\circ$	I ou II (1) (*)	I ou II (1) (*)	I ou II (1) (*)	I ou II (1) (*)	II(*)
	$+15^\circ < \theta \leq +30^\circ$ (2)	II (*)	II (*)	II (*)	II (*)	Non admis
(1) obligatoire en zone littorale $\leq 3$ km du front de mer (2) le rampant est limité à 40 m (hauteur H de 30 m) (*) admis sans baie						
<b>Type I</b> Prescriptions générales : confère paragraphe recouvrement des profils (cf. 7.1.1).  <b>Type II</b> Prescriptions générales : L'ouvrage de bardage est réalisé avec bac de couverture (La nervure principale emboîtée comporte une retombée) dont les nervures sont saillantes. Les fixations sont posées en plages planes (pas de lisse bois, pas d'isolant compressé entre l'appui et le bac) ou en sommet de nervure. La fixation en plage est positionnée en pied de nervure. Un couturage des bacs est à mettre en œuvre.						
<b>Figure Type II :</b>						

▲ Tableau 4 – Étanchéité à l'eau – prescriptions particulières selon l'utilisation pour les bardages verticaux



▲ Figure 16. Inclinaison du bardage par rapport à la verticale

### 6.7.2.2. • Cas de la pose horizontale ou oblique

Le recouvrement transversal se fait au droit d'un appui (cas des poteaux, écarteurs ou ossatures rapportées ; (Figure 44)) par superposition des extrémités des plaques nervurées.

- Le recouvrement transversal doit être de 100 mm minimum en pose horizontale ou oblique, sauf cas particulier (voir Tableau 5). Les fixations peuvent être posées en plages planes, en fond ou en sommet de nervure principale.
- Toutes les fixations, y compris celles de couture, doivent être munies d'un dispositif d'étanchéité (exemple : rondelle d'étanchéité) ou être étanches par elles-mêmes.

Les prescriptions particulières doivent être conformes au Tableau 5 suivant.

Type de bardage		Bardage simple peau		Peau extérieure de bardage double peau ou rapporté		
Hauteur au-dessus du sol		$H \leq 20$ m	$20 < H \leq 50$ m	$H \leq 20$ m	$20 < H \leq 50$ m	$H > 50$ m
Inclinaison du bardage par rapport à la verticale	$-30^\circ \leq \theta \leq +0^\circ$	I	I	I	I	Non admis
	$+0^\circ < \theta \leq +15^\circ$	I (*)	I (*)	I (*)	III (*)	Non admis
	$+15^\circ < \theta \leq +30^\circ$	Non admis	Non admis	Non admis	Non admis	Non admis

(\*) admis sans baie

**Type I**  
Prescriptions générales : confère paragraphe recouvrement des profils (cf. 7.1.1).

**Type III**  
Prescriptions générales :  
Les nervures principales de rive doivent être saillantes. Les fixations peuvent être posées en plages planes ou en sommet de nervure (pas de lisse bois, pas d'isolant compressé entre l'appui et le bac). Pour la pose horizontale, à la conception, il est vérifié que l'angle  $\alpha$  de la nervure combiné avec l'inclinaison  $\theta$  du bardage doit rester supérieur à  $5^\circ$  par rapport à l'horizontale pour éviter les stagnations d'eau (cf. figure ci-dessous).  

$$(\alpha - \theta) > 5^\circ$$

▲ Tableau 5 – Étanchéité – prescriptions particulières selon l'utilisation pour les bardages horizontaux ou obliques

### 6.7.2.3. • Cas des bardages en tôles ondulées

Les Tableaux 4 et 5 ci-dessus sont applicables.

### 6.7.3. • Étanchéité à l'eau des baies

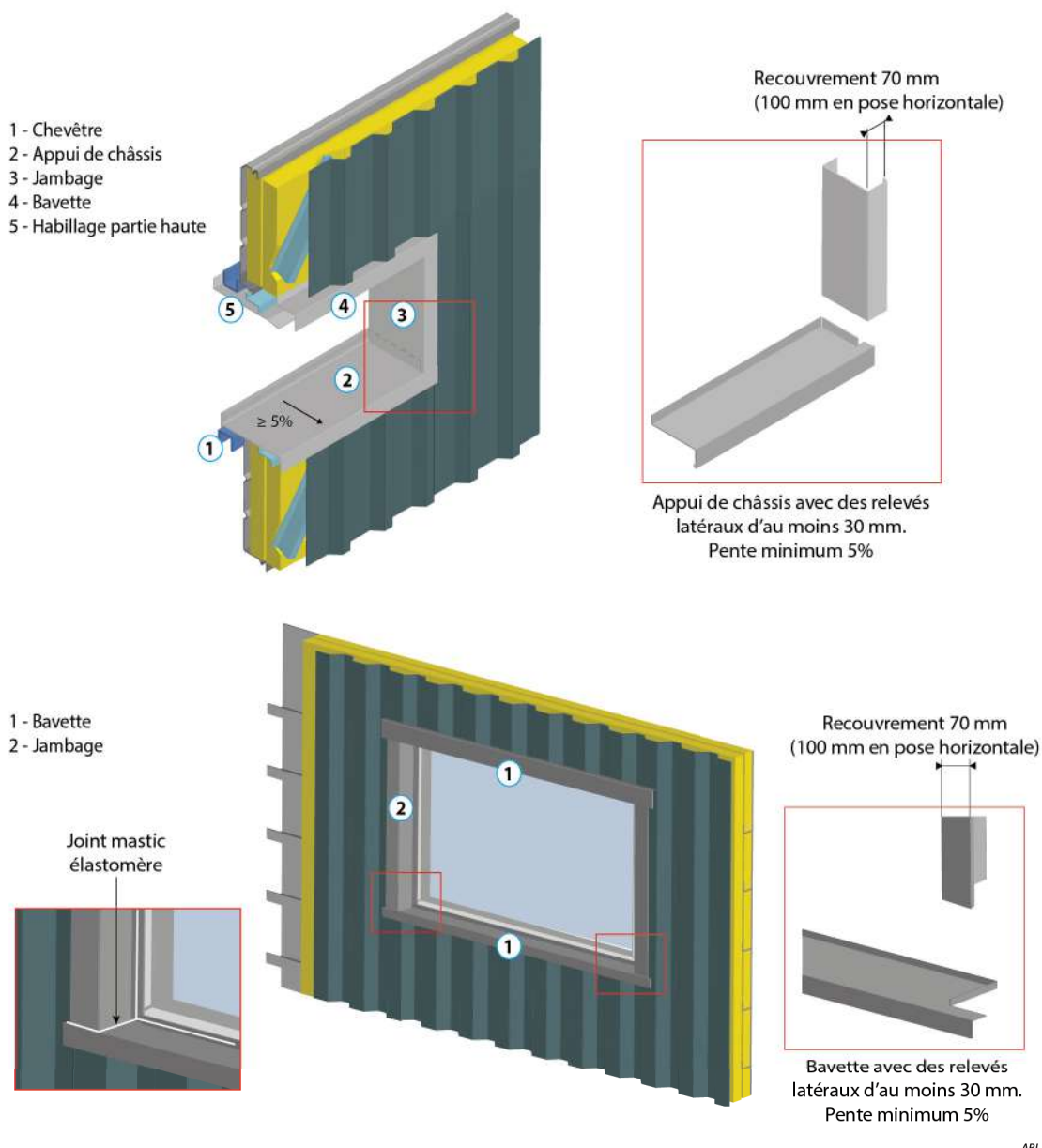
La NF DTU 36.5 « Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures » s'applique.

Les bardages ont un emboîtement longitudinal et les joints aux raccords transversaux sont fermés systématiquement par une pièce de fermeture drainante comportant de part et d'autre un recouvrement de 70 mm en pose verticale et 100 mm minimum en pose horizontale (Figure 17).

La jonction du jambage et de l'appui de châssis (ou bavette) ainsi que celle du jambage et de la bavette avec le dormant de la menuiserie sont complétées par un cordon de mastic élastomère.

La bavette supérieure recouvre totalement les jambages.

Ces dispositions concernent une hauteur limitée à 20 m (cf. 8.7.3).



ABL

▲ Figure 17. Exemples de solutions d'étanchéité à l'eau des baies

## 6.8. • Perméabilité à l'air

### 6.8.1. • Dispositions réglementaires

Pour les bâtiments de logement, la réglementation thermique RT 2012 fixe les exigences suivantes :

- Logement individuel :  $Q_{4Pa-surf} \leq 0.6 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$
- Logement collectif :  $Q_{4Pa-surf} \leq 1.0 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$

La justification de ces performances doit être faite soit par mesure in-situ, soit en adoptant une démarche qualité, conformément aux





dispositions de l'arrêté du 26 octobre 2010. La mesure doit être réalisée par un opérateur autorisé par le Ministère en charge de la construction. Il est rappelé qu'on mesure une perméabilité à l'air et non une étanchéité à l'air.

Pour les bâtiments autres que logements, la réglementation thermique RT 2012 offre deux possibilités :

- une justification par mesure d'une performance contractuelle (figurant dans les DPM) ou par une démarche qualité ;

Ou

- l'utilisation d'une valeur par défaut dans les calculs réglementaires :
  - Bâtiment tertiaire :  $Q_{4Pa-surf} = 1.7 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  ;
  - Industrie/commerce :  $Q_{4Pa-surf} = 3.0 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ .

#### Note

La valeur par défaut n'est pas une performance réelle du bâtiment, mais uniquement une valeur de calcul. La perméabilité à l'air réelle du bâtiment peut être au-dessus de cette valeur.

### 6.8.2. • Dispositions constructives

Un bâtiment construit avec un bardage double peau constitué de plateaux pleins, perforés ou crevés, d'écarteurs, d'isolant et d'un parement extérieur présente couramment une perméabilité à l'air  $Q_{4Pa-surf} > 4 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ .

Pour une performance recherchée de perméabilité à l'air du bâtiment inférieure à cette valeur, la performance est fixée dans les pièces du marché (DPM) et peut être assurée par l'une des dispositions particulières suivantes :

- par un calfeutrement des joints entre plateaux ainsi que des calfeuttements des joints entre structure et plateaux (Figure 18.a) ;
- par un système de membrane d'étanchéité à l'air (Figure 18.b) de type HPV (Haute Perméabilité à la Vapeur ;  $s_d < 0.1 \text{ m}$  s'il est mis en œuvre sur la face extérieure de l'isolant) ;
- par un pare-vapeur qui réalise la fonction de plan d'étanchéité à l'air intégré au complexe de bardage côté intérieur de la paroi ;
- par un doublage côté intérieur (hors cadre de ce document).

#### Note 1

Le système de membrane d'étanchéité à l'air et ses accessoires contribuant à l'étanchéité à l'air feront l'objet d'une évaluation technique décrivant les dispositions de mise en œuvre, les performances et la durabilité dans le temps.

La performance de perméabilité à l'air du bâtiment est assurée par tous les composants du clos couvert et de leurs jonctions. La

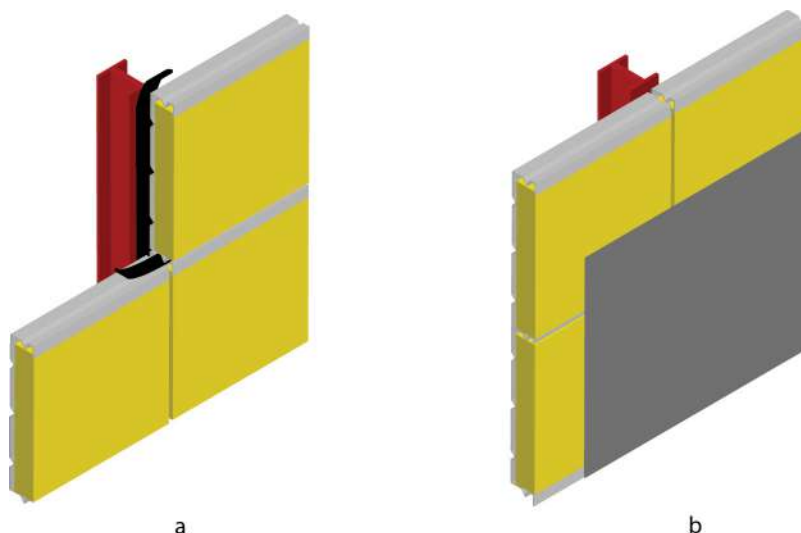


continuité de l'étanchéité à l'air de tous ces ouvrages (bardage, toiture, menuiseries) doit être assurée (l'[Annexe J] du présent document prévoit des illustrations types de traitements possibles).

### Note 2

Des mesures de la perméabilité à l'air en cours de chantier peuvent s'avérer utiles pour contrôler la mise en œuvre à différentes phases.

Les tests complémentaires (de fumée, thermographie infrarouge...) permettent de localiser des fuites d'air mais pas de les quantifier.



▲ Figure 18. Exemples de solutions de traitement de la perméabilité à l'air aux niveaux des jonctions entre plateaux. (a) Mise en œuvre de calfeutrement entre plateaux. (b) Mise en œuvre d'un film pare-air

### Note 3

On rappelle que la performance d'efficacité énergétique et d'étanchéité à l'air dépend de l'ensemble des composants de l'enveloppe du bâtiment et de leur pose et non pas seulement de l'élément bardage.

### Note 4

Pour des bâtiments à hautes performances en termes de perméabilité à l'air, les dispositions ci-dessus constituent un minimum pour améliorer la performance courante des bardages double peau.

## 6.9. • Isolation et/ou absorption acoustique

Lorsque des performances acoustiques sont spécifiées dans l'appel d'offres, les caractéristiques du bardage requises pour atteindre ces performances sont définies dans les DPM par un indice d'affaiblissement acoustique  $R_w$  et/ou un indice d'absorption acoustique  $\alpha_w$ .

Les indices  $\alpha_w$  et  $R_w$  sont évalués en laboratoire conformément aux normes données dans le paragraphe 2.1.5.

**Note**

Selon la norme NF EN ISO 354, les performances d'affaiblissement acoustiques mesurées à 63 Hz ne sont pas normalisées. Elles ne peuvent donc faire l'objet d'aucune exigence en laboratoire ou in situ.

## 6.10. • Comportement au feu

### 6.10.1. • Réaction au feu

Les plaques et plateaux relevant du marquage CE (cf. NF EN 14782), leur performance en termes de réaction au feu est établie à partir du système dit des Euroclasses en fonction de leur épaisseur, de la nature de leur revêtement (voir arrêté du 21 novembre 2002 publié au JO du 31 décembre 2002).

La norme NF EN 14782, définit le corps d'épreuve d'essai SBI <sup>1</sup> (Single Burning Item) et des rapports de classements sont établis selon la norme NF EN 13501-1.

Conformément à la NF EN 14782, les profils et plateaux en acier galvanisé ou en inox sont classés A1 (cf. Article 5.2.1 de cette norme).

De plus, conformément à la décision 2010/737/EU du 2 décembre 2010, les revêtements suivants font l'objet de classement sans essais :

- Polyester 25 µm sur plaques et plateaux en acier d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 0,4 mm, sans isolation derrière : A1 ;
- Plastisol 200 µm sur plaques et plateaux en acier d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 0,55 mm, avec ou sans isolation : Cs3d0.

La norme NF EN 14782 définit également les applications étendues en termes de réaction au feu de plaque de tôle nervurée associée à un isolant en laine minérale.

Dans le cas d'un système avec isolant, celui-ci doit respecter les prescriptions de la NF EN 14782 (annexe C de cette norme).

**Note**

Lorsque les revêtements n'ont pas fait l'objet de CWFT (Classified Without Further Testing), ils sont testés selon le référentiel des Euroclasses sur la base du corps d'épreuve d'essai de la norme NF EN 14782. A défaut, leur classement est F.

### 6.10.2. • Résistance au feu

Les plaques et plateaux avec leur isolation présentent une résistance au feu établie à partir du système dit des Euroclasses (arrêté du 22 mars 2004).

■ 1 Essai de réaction au feu qui permet de réaliser le classement de réaction au feu des produits de construction selon les normes européennes harmonisées

Les maquettes d'essais sont établies sur la base de la norme NF EN 1364-1 : Essais de résistance au feu des éléments non porteurs – Partie 1: Murs.

Les performances établies selon la norme NF EN 13501-2 sont exprimées pour une direction donnée uniquement en termes E (étanchéité aux flammes et gaz chauds), I (isolation thermique) et/ou W (rayonnement thermique) suivies d'une durée en minutes.

Le rapport d'essai est établi par un laboratoire agréé par le Ministère de l'Intérieur.

La description détaillée des montages classés en résistance au feu est contenue dans les rapports d'essais détenus par les titulaires, fabricants de composants, assembleurs de systèmes. La performance en résistance au feu de la paroi fait l'objet de rapport de classement.

Des avis de laboratoire ou de chantier peuvent être émis pour des extensions de hauteurs ou de portées à partir de rapport d'essai et de classement cité ci-avant.

#### Note

Les extrapolations en termes de hauteurs et de portées figurent dans les rapports de classement.

### 6.10.3. • Utilisation en Établissement Recevant du Public (ERP)

Bâtiment à simple RDC :

- Aucune exigence de résistance au feu n'est demandée à l'article CO 22 (cf. 4 de l'article CO 22).
- En réaction au feu, le revêtement extérieur doit être à minima de catégorie M3 ou D-s3, d0.

Bâtiment à plusieurs niveaux :

Les articles CO 21, 22, et 23 s'appliquent. Dans le cas des bardages double peau, des dispositions particulières ou complémentaires (par exemple, doublage intérieur) permettant de satisfaire ces articles, doivent être validées par un rapport de classement.

### 6.10.4. • Utilisation en Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Les exigences de réactions et de résistance au feu sont fixées dans chaque arrêté propre à chaque rubrique (enregistrement, déclaration, autorisation).



### 6.10.5. • Utilisation en habitation

L'arrêté en vigueur s'applique pour les bardages rapportés (réaction au feu).

Pour les bardages double peau, les exigences sur les Établissements Recevant du Public (ERP) sont à appliquer (règles C+D, notamment).

### 6.10.6. • Code du travail

Dans le cas d'un plancher haut inférieur à 8 m : aucune exigence particulière n'est demandée.

## 6.11. • Durabilité

L'[Annexe G] du présent document définit les revêtements de protection des tôles d'acier en fonction de l'application et des risques de corrosion. L'[Annexe A] définit les conditions d'entretien.

Lorsqu'une exigence de perméabilité à l'air du bâtiment est requise, cette performance doit être durable. Il en découle que l'ensemble des composants du système de perméabilité à l'air (membranes, joints, mastic, adhésifs, pièces dédiées, ...) doit être évalué à la fois au titre de chaque composant ainsi que leur association à l'état initial et à l'état vieilli.

Pour les aciers inoxydables revêtus, il convient de se référer au cahier CSTB 3194.

## 6.12. • Environnement – Santé – Qualité de l'air intérieur

### 6.12.1. • Fiches de Données Environnementales et Sanitaires / Environmental Product Declaration (FDES/EPD)

Le référentiel en vigueur à la date de publication du présent document est la norme NF P 01-010 ou la norme NF EN 15804 complétée par la norme NF P01-064/CN.

Les plaques de bardage, les plateaux et les isolants en laine minérale disposent de FDES figurant sur la base INIES<sup>2</sup>. Les FDES sont aussi déposées sur le site du Ministère en charge de l'environnement.

■ 2 Base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction

### 6.12.2. • Qualité de l'air des ambiances intérieures

Les éléments d'enveloppe acier en contact avec l'air intérieur font l'objet d'un étiquetage conforme au décret du 23 mars 2011 et à l'arrêté du 19 avril 2011.

Dans le cas de plateaux perforés, le fournisseur d'isolant doit donner l'étiquetage environnemental de son produit.

### 6.13. • Entretien ou réparation des peaux extérieures de bardage

Les plaques extérieures sont considérées facilement remplaçables.

### 6.14. • Protection du bas de bardage

La conception de la partie basse du bardage doit permettre le départ du bardage à une hauteur minimale de :

- 5 cm par rapport au niveau du sol fini dur (béton, enrobé, etc.) ;
- 15 cm par rapport au niveau du sol dans le cas de terre végétale.

Des grilles anti-rongeurs peuvent être mises en œuvre.

# Spécifications techniques des matériaux et composants

# 7



## 7.1. • Spécifications techniques des tôles en acier

Les tôles d'acier utilisées pour la fabrication des éléments des parements doivent répondre aux normes données au paragraphe 2.1.2.

L'acier inoxydable est choisi parmi les nuances du groupe « 18/8 et 18/10 » ou « 17/12/2 ».

### 7.1.1. • Caractéristiques des profils et des plateaux

#### a) Formes courantes

Les éléments constituant les parements des bardages en acier sont généralement des profilés nervurés, des plaques ondulées ou sinusoïdales et des plateaux, formés à froid sur machines à galets ou à la presse. Les plateaux ou les plaques nervurées ou ondulées constituant la peau intérieure peuvent posséder des plages perforées ou crevées destinées à améliorer la correction acoustique.

Côté extérieur, les plateaux agencés côte à côte présentent des lèvres constituant des appuis d'épaisseur totale cumulée de 1,5 mm au moins pour la fixation de la peau extérieure ou des écarteurs. Les lèvres des plateaux ont un retour de largeur au minimum de 20 mm (Figure 19).

Les rayons de profilage des bobines non revêtues (galvanisées) doivent être choisis conformément à la norme P 34-310 et à son guide d'application GA-A 36-335.

Les rayons de profilage des bobines revêtues (galvanisées prélaquées) doivent être choisis conformément aux spécifications figurant

dans la norme XP P34-301, et figurant dans les fiches techniques des fabricants de bobines prélaquées.



▲ Figure 19. Exemple de plateau de bardage. Retour de largeur minimum 20 mm

## b) Épaisseurs nominales minimales de fabrication

Les éléments des parements de bardages en acier doivent être fabriqués à partir de matériaux de base dont l'épaisseur nominale, en mm, ne sera pas inférieure à celle définie dans le Tableau 6 suivant.

Matériau de base	Destination de l'élément			
	Bardage simple peau	Bardage double peau		
		Peau extérieure	Peau intérieure	
			ne supportant pas la peau extérieure (plaque nervurée)	supportant la peau extérieure (plateau)
Tôle d'acier revêtue (+)	63/100, pose verticale 75/100, pose horizontale et oblique	63/100, pose verticale 75/100, pose horizontale et oblique	63/100	75/100
Tôle d'acier inoxydable	63/100	63/100	63/100	(++)

(+) La tôle d'acier revêtue peut être : galvanisée, galvanisée prélaquée, galvanisée plastifiée, aluminée, etc.

(++) Les présentes Recommandations Professionnelles n'envisagent pas le cas où la peau intérieure d'un bardage double peau supportant la peau extérieure est réalisée dans ces matériaux. Les éléments de finition ont une épaisseur au minimum de 0,63 mm en acier inoxydable.

▲ Tableau 6 – Épaisseurs nominales minimales de fabrication en mm

## c) Retour minimal des nervures emboîtées des plaques nervurées

Pour les bardages de hauteur de nervure supérieure à 18 mm, les nervures emboîtées des plaques nervurées constituant la peau extérieure doivent comporter un retour minimal de 15 mm (Figure 20, d, e, f, g).

Pour les bardages de hauteur de nervure de 7 à 18 mm, il n'y a pas d'exigence sur la valeur minimale du retour (Figure 20. c). Dans ce cas, la pose est faite avec double recouvrement de nervures.

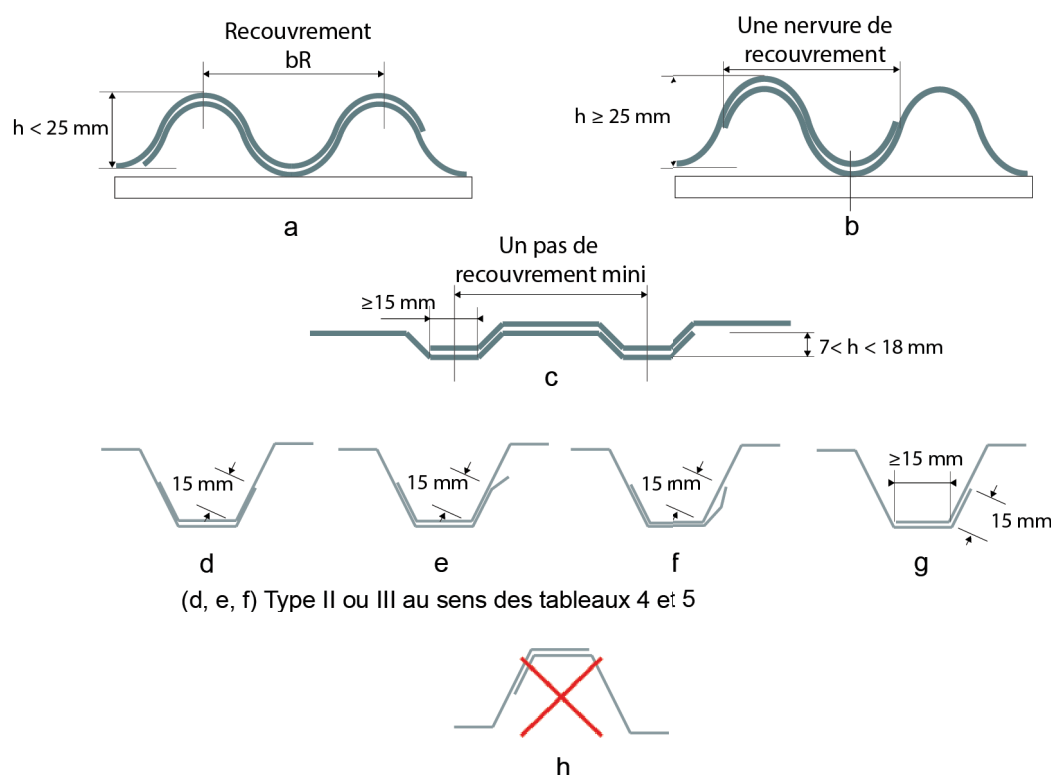
Par ailleurs, la nervure emboîtante doit avoir un plat minimum de 15 mm.

## d) Retour minimal des nervures emboîtées des plaques ondulées

Pour les plaques ondulées de hauteur de nervure  $h < 25$  mm, le recouvrement minimal est de  $3b_R/2$  d'onde minimum avec double recouvrement des ondulations ( $b_R$ ) (cf. Figure 20. a).

Pour les plaques ondulées de hauteur 18 mm et de 76 mm de  $b_R$ , le recouvrement minimal est de  $11b_R/8$  (Figure 20. a)

Pour les plaques ondulées de hauteur de nervure  $h \geq 25$  mm, le recouvrement minimal est de  $b_R$  d'onde minimum (Figure 20. b).



▲ Figure 20. Retour minimal des nervures emboîtables des plaques nervurées et ondulées

### e) Caractéristiques mécaniques

- Les limites élastiques, résistances à la rupture, allongement minimum sont donnés dans les normes matériaux et produits.
- La nuance d'élasticité minimale des tôles profilées est de S280 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des tôles ondulées est de S280 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des plateaux est de S320 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des écarteurs est de S220 GD (S280 GD dans les cas B et C des dispositions constructives en zone sismique 2, 3 et 4 (cf. 6.2.4.4).
- La nuance d'élasticité pour les façonnés de finition est de S280 GD.
- La limite d'élasticité pour les profilés en acier inoxydable selon la NF EN 10088-2 est de 280 MPa minimum.

### 7.1.2. • Tolérances de fabrication

Les tolérances données ci-dessous s'appliquent. Elles complètent et/ou remplacent les tolérances sur le même sujet données dans la norme NF EN 508-1.



**a) Tolérances sur épaisseur**

Les tolérances sont celles correspondant aux spécifications du métal utilisé pour les plaques de bardage telles que désignées dans la fiche technique (voir exemples établis en [Annexe N]).

Les plateaux de bardage sont en tolérances spéciales au sens de la norme NF EN 10143 ou décalés au sens de la norme P 34-310.

Les profils de bardage sont en tolérances spéciales ou normales au sens de la norme NF EN 10143 ou décalés ou normales au sens de la norme P 34-310.

**b) Tolérances sur largeur utile des plaques nervurées ou ondulées et plateaux**

Elles sont définies dans le Tableau 7 ci-dessous.

Largeur utile $l$	Tolérances
$l \leq 600$ mm	$\pm 3$ mm
$l > 600$ mm	$\pm 0,5$ % si $e \leq 0,75$ mm $\pm 1$ % si $e > 0,75$ mm
Avec $e$ épaisseur du profil	

▲ Tableau 7 – Tolérances sur largeur utile des plaques nervurées ou ondulées et plateaux

**c) Tolérances sur largeur de module des plaques nervurées ou ondulées ou plateaux**

Elles sont définies dans le Tableau 8 ci-dessous.

Largeur utile $b_R$	Tolérances
$b_R \leq 200$ mm	$\pm 1$ mm
$b_R > 200$ mm	$\pm 0,5$ %

▲ Tableau 8 – Tolérances sur largeur de module des plaques nervurées ou ondulées ou plateaux

**d) Tolérances sur la hauteur des nervures**

La tolérance sur la hauteur est de  $+0, -1$  mm.

**e) Tolérances sur la longueur des profils**

Elles sont définies dans le Tableau 9 ci-dessous.

Longueur $L$	Tolérances
$L \leq 2000$ mm	$+8$ mm $-0$
$2000$ mm $< L \leq 6000$ mm	$+0,4$ % $-0$
$L > 6000$ mm	$+25$ mm $-0$

▲ Tableau 9 – Tolérances sur la longueur des profils de plaques nervurées et ondulées

**f) Plateaux**

La tolérance sur la longueur des plateaux est de  $+0, -10$  mm.



### 7.1.3. • Protection contre la corrosion

Tous les éléments en acier apparents ou non, doivent recevoir un revêtement de protection contre la corrosion et avoir subi les traitements spécifiés dans les documents du marché.

Le choix du revêtement adapté à l'exposition des ouvrages fait l'objet de l'[Annexe G] du présent document.

La durabilité de la protection contre la corrosion est liée à l'entretien des façades [Annexe A].

Dans le cas d'un post laquage, il convient de respecter les prescriptions de la NF P 24 351.

#### 7.1.3.1. • Dispositions concernant les faces envers

##### a) Peau extérieure de bardage (avec ou sans lame d'air, ventilé ou non)

Voir [Annexe G]

##### b) Plateaux pleins

Voir [Annexe G]

##### c) Plateaux perforés

Voir [Annexe G]

##### d) Parois multiples

Voir [Annexe G]

#### 7.1.3.2. • Cas des revêtements non lavés par l'eau de pluie

Les dispositions sur les revêtements de ces bardages sont identiques à celles des bardages lavés par l'eau de pluie. Cependant, ils doivent faire l'objet d'un entretien tel que défini en [Annexe A].

#### 7.1.3.3. • Les différents types de protections

##### a) Tôles d'acier galvanisées

Les tôles d'acier galvanisées seront conformes aux tableaux de l'[Annexe G] en fonction de l'atmosphère extérieure (pour les tôles nervurées ou ondulées) ou de l'ambiance intérieure (pour les plateaux).

##### b) Éléments en acier galvanisé au trempé

Les pièces galvanisées au trempé doivent respecter la norme NF EN ISO 1461 (Remplace la norme NF A 91-121) et la masse de revêtement doit être au minimum de 300 g/m<sup>2</sup> en moyenne par face.

**c) Tôles d'acier aluminées**

Les tôles d'acier aluminées sont obtenues par l'immersion dans un bain d'aluminium pur d'une bande d'acier ayant reçu divers traitements thermiques et traitements de surface.

La masse du revêtement d'aluminium pur déposé est au minimum de 230 g/m<sup>2</sup> double face (essais en trois points) ce qui correspond à une épaisseur d'environ 45 microns par face (NF A 36-345).

**d) Tôles d'acier galvanisées prélaquées et plastifiées**

Les spécifications des tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié et les différentes méthodes d'essais de revêtements organiques sont définies dans les normes NF EN 10169, XP P 34-301 et le guide des choix en [Annexe G] du présent document.

En règle générale, les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié sont livrées avec une face revêtue d'un primaire sur la face envers et l'autre face revêtue, en plus, de la laque de finition.

L'épaisseur minimale de zinc est Z225 pour les plaques nervurées et Z225 ou Z100 pour les plateaux conformément à la norme NF EN 10346.

Le choix de la nature et de l'épaisseur du revêtement organique (laque ou avec film plastifié) doit être déterminé en fonction de l'environnement conformément à l'[Annexe G] du présent document.

**e) Tableau d'utilisation en fonction des atmosphères extérieures et ambiances intérieures**

Voir [Annexe G] du présent document.

**f) Façonnés de finitions**

Protection contre la corrosion identique pour les faces envers et endroit à celle du profil de bardage.

## 7.2. • Écarteurs

### 7.2.1. • Généralités

Il appartient à l'entreprise de pose de déterminer les écarteurs adaptés au projet pour recevoir la peau extérieure de bardage.

Dans le cas de bardage double peau avec la peau intérieure constituée par des plateaux, les écarteurs sont constitués généralement par des Zed, ou des Oméga, ou des U emboîtés, fixés directement aux plateaux sur chacune des lèvres (Figure 21).

Ces écarteurs sont généralement perpendiculaires aux plateaux mais peuvent être disposés suivant des lignes inclinées par rapport à la verticale avec un angle compris entre 0° et 60°.

Les écarteurs peuvent être simples, emboîtés ou reconstitués.

Les écarteurs fixés à travers une peau intermédiaire sont toujours positionnés en creux de nervures pour être en contact avec les lèvres de plateaux.

Les fixations provisoires de la peau intermédiaire sont de type et de diamètre identiques à celles de la peau extérieure.

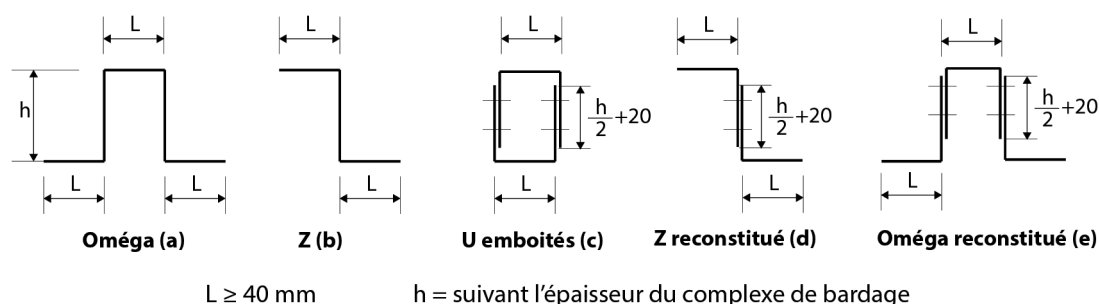
## 7.2.2. • Dispositions constructives géométriques

### a) Formes des écarteurs

Les écarteurs peuvent présenter les formes suivantes (Figure 21), selon les cas du Tableau 3 (dispositions constructives en zones sismiques) :

- Dans le cas A du Tableau 3 :
  - Oméga (a) ou Z (b) ;
  - U emboîtés (c) ou Z reconstitué (d) ou Oméga reconstitué (e) :
    - o ils présentent un recouvrement de  $h/2+20$  mm minimum (avec  $h$  la hauteur d'écarteur en mm) ;
    - o ils sont assemblés par des vis de diamètre 5,5 mm minimum tous les 500 mm sur chaque recouvrement.
- Dans les cas B et C du tableau 3 :
  - Oméga (a) ou Z (b) ;
  - U emboîtés (c) ou Oméga reconstitué (e) :
    - o ils présentent un recouvrement de  $h/2+20$  mm minimum (avec  $h$  la hauteur d'écarteur en mm) ;
    - o ils sont assemblés par des vis de diamètre 5,5 mm minimum tous les 500 mm en quinconce sur chaque recouvrement.

Il convient de se référer aussi aux paragraphes (cf. 6.2.2) et (cf. 6.2.3).



▲ Figure 21. Formes et dimensions des écarteurs

### b) Largeur minimale des semelles

La largeur minimale  $L$  des semelles des écarteurs est de 40 mm (Figure 21).

**c) Épaisseur minimale des écarteurs**

L'épaisseur minimale des écarteurs est de 1,5 mm.

**d) Limite d'élasticité des écarteurs**

Selon les cas du Tableau 3 (dispositions constructives en zones sismiques) :

- Dans le cas A du Tableau 3 :  
L'acier est en S220 GD minimum.
- Dans le cas B du Tableau 3 :  
L'acier est en S280 GD minimum.
- Dans le cas C du Tableau 3 :  
Selon rapport d'essai sismique complet ou note de calculs complétée par les rapports d'essais.

**e) Protection contre la corrosion des écarteurs**

La protection contre la corrosion est définie dans le Tableau G.8 de l'[Annexe G] du présent document, issu du cahier CSTB 3194 en considérant l'écarteur en atmosphère extérieure protégée et ventilée.

**f) Hauteur h des écarteurs**

La hauteur h des écarteurs sera déterminée en respectant :

- les critères définis au paragraphe 6.2.4.4 pour la résistance au séisme ;
- les caractéristiques mécaniques requises ;
- 200 mm maximum en écarteur de types Zed ;
- 300 mm maximum en écarteur de types Oméga ou U.

**Note 1**

Les hauteurs de Zed de 200 mm et d'Oméga de 300 mm sont issues de l'expérience à la date de la rédaction du présent document.

Dans le cas où une lame d'air continue (ventilée ou non) sur la hauteur est requise (cf. 3.7), la hauteur minimale des écarteurs est augmentée de 20 mm par rapport à la face extérieure du plan d'isolation.

**g) Longueur et aboutage des écarteurs**

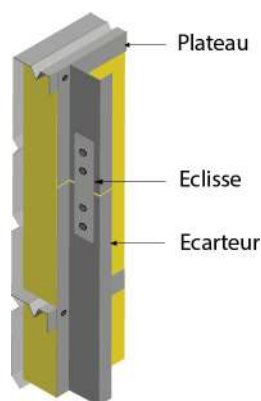
La longueur des écarteurs en acier est limitée à 6 m.

Les tronçons sont aboutés indifféremment par simple recouvrement ou éclissage.

Lorsque l'aboutage est réalisé par éclissage, le porte-à-faux ne doit pas excéder 300 mm.

La longueur minimale d'éclisse est de 100 mm. Son épaisseur minimale est de 15/10<sup>e</sup> en acier identique à celui de l'ossature (nuance et protection contre la corrosion).

La (Figure 22) explicite les dispositions constructives pour un aboutage par éclissage.



▲ Figure 22. Aboutage des écarteurs par éclissage

## h) Espacement des écarteurs

Les tableaux charges/portées des plateaux en charges réparties peuvent être utilisés avec les charges linéaires des écarteurs dans les conditions suivantes :

- La répartition des écarteurs est réalisée de façon à avoir un écarteur au droit de chaque appui de plateau complété par des écarteurs intermédiaires dont l'entraxe n'excède pas :
  - 2 m sur une même lèvre de plateau (ou nervure), en partie courante ;
  - 1,5 m en zone de majoration des effets de succion du vent (c'est à dire les arêtes verticales (1/10<sup>e</sup> de la largeur de bâtiment dans le cas des Règles NV 65 modifiées 2009 et selon la zone A dans le cas de la NF EN 1991-4)) en fonction du référentiel définis dans les DPM [Annexe P].
- L'écarteur à la jonction de 2 plateaux est solidarisé aux 2 plateaux via un Oméga ou un Zed à largeur adaptée à la largeur d'appui ;
- La répartition des Zed avec des ailes alternées entre 2 lignes d'écarteurs successifs est recommandée. La répartition des Zed avec des ailes non alternées reste possible.

Dans tous les cas, le positionnement des écarteurs au droit des structures et leur répartition entre éléments de structure permet de ne pas surcharger les plateaux et de tendre vers des sollicitations proches de celles obtenues avec des charges uniformément réparties.

### Note 2

Des répartitions d'écarteurs différentes peuvent être utilisées en justifiant que le moment maximal et l'effort tranchant n'excèdent pas ceux de la charge répartie (M2T ou M3T et Rd en 2 ou 3 appuis).

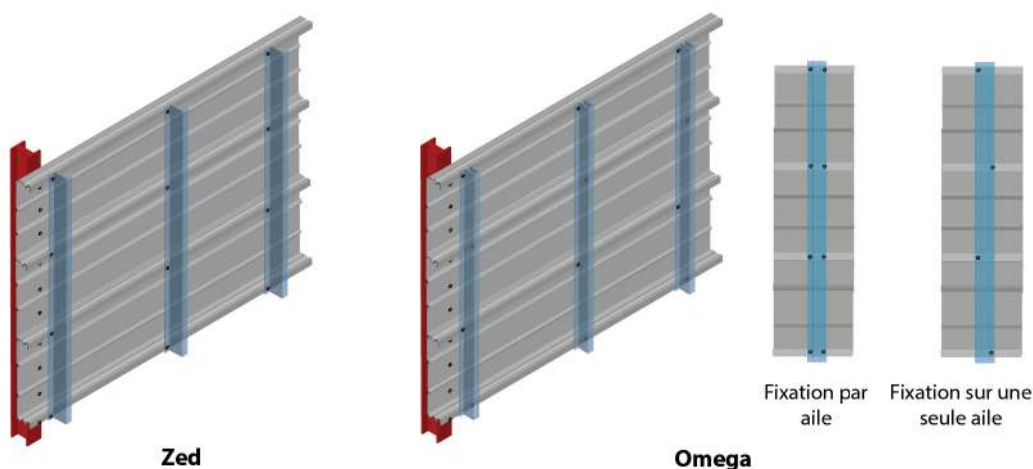
### i) Fixation des écarteurs

Les écarteurs en Zed ou en U sont fixés à toutes les lèvres des plateaux.

Les écarteurs en Oméga sont fixés à toutes les lèvres des plateaux :

- soit avec une fixation par aile sur chaque lèvre de plateau ;
- soit avec une fixation sur une seule aile avec une répartition en quinconce entre lèvres de plateaux successives (Figure 23).

Le nombre et le diamètre de fixations dépendent des efforts de vent, éventuellement du poids propre à reprendre, et des dispositions constructives en zones sismiques dans le cas C du Tableau 3.

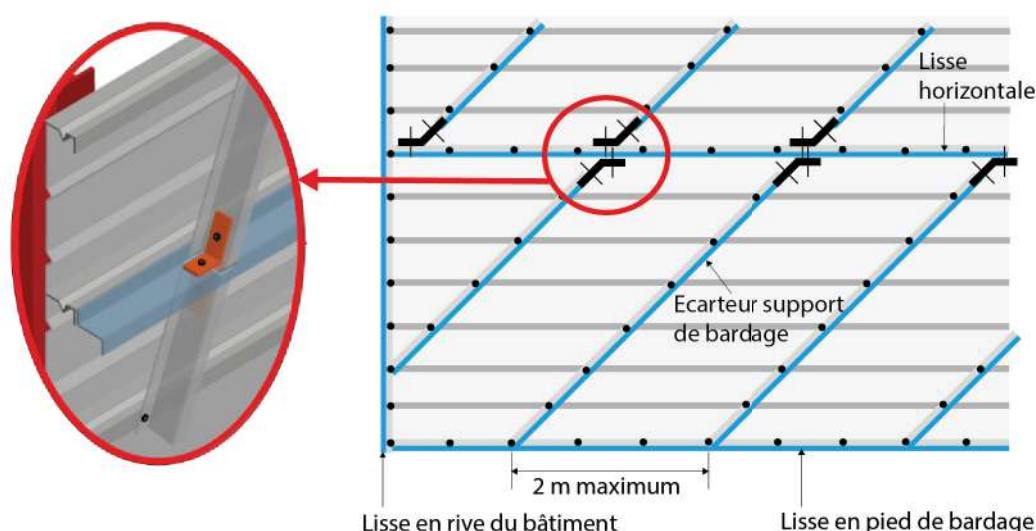


▲ Figure 23. Dispositions des fixations en fonction de la forme de l'écarteur (Zed ou Oméga)

### j) Particularités des écarteurs obliques

Lorsque les écarteurs sont obliques, une lisse horizontale est fixée sur une lèvre de plateau au droit de chaque recouvrement transversal des plaques nervurées ou ondulées et aux droits des ouvertures (Figure 24). Chaque écarteur est relié à la lisse horizontale par un pliage en acier galvanisé Z275 minimum d'épaisseur 15/10<sup>e</sup> minimum avec des fixations de diamètre 5,5 mm minimum.

Les écarteurs sont fixés à toutes les lèvres de plateaux dans les conditions du paragraphe précédent. La largeur minimale de ces écarteurs est de 40 mm, comme prescrit au (7.2.2-b).



▲ Figure 24. Exemple de disposition constructive dans le cas d'écarteurs obliques

### 7.3. • Ossatures rapportées – cas du bardage rapporté

Les dispositions du cahier CSTB 3194 s'appliquent.

Les justifications des ossatures rapportées doivent prendre en compte un critère de flèche  $L/200$  pour un vent normal au sens des NV 65 modifiées 2009 et  $L/150$  pour un vent Eurocode (vérifications aux ELS).

La déformation de la patte équerre sous charge de poids propre est de 3 mm au maximum.

Les ossatures support de bardage rapporté sont en « atmosphère extérieure protégée et ventilée » sauf dans le cas de parement extérieur perforé pour lequel elles sont en « atmosphère extérieure directe ».

### 7.4. • Spécifications techniques des isolants

Les matériaux utilisés traditionnellement pour l'isolation thermique des bardages double peau sont les laines minérales (cf. 3.5) conformes à la norme NF EN 13162, sous forme de panneaux ou rouleaux.

La norme NF EN 13162 fixe l'ensemble des caractéristiques essentielles ainsi que les méthodes d'essais les concernant.

L'usage de tout autre matériau isolant doit faire l'objet d'une évaluation justifiant que ses caractéristiques intrinsèques sont compatibles avec l'emploi dans le système de bardage. Ces matériaux peuvent être :

- Des plaques de polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.
- Des plaques de polystyrène extrudé conformes à la norme NF EN 13164.



- Des plaques de polyuréthane rigide conformes à la norme NF EN 13165.
- Des isolants en verre cellulaire conformes à la norme NF EN 13167.

En usage de bardage, les caractéristiques suivantes doivent être fournies :

- classe de réaction au feu (Euroclasse) ;
- conductivité thermique ou résistance thermique ;
- classe de tolérance d'épaisseur T2 ;
- longueur, largeur, équerrage ;
- absorption d'eau à court terme WS ( $\leq 1 \text{ kg/m}^2$ ) ;
- résistance au passage de l'air, dans le cas d'exigences acoustiques ;
- Stabilité dimensionnelle ;
- Etiquetage sanitaire (cas des plateaux perforés).

Les matériaux utilisés pour l'isolation thermique sous bardage rapporté sont des panneaux ou des rouleaux en laine minérale (sans pare-vapeur). Des isolants de synthèse (isolants en plaques rigides tels que panneaux de polystyrène expansé, panneaux de polystyrène extrudé, panneaux de polyuréthane) conformes aux NF EN les concernant (voir ci-dessus), peuvent être employés à condition que :

- la planéité du support soit bonne et que les éventuelles lames d'air parasites ne communiquent pas avec l'extérieur ;
- la conception de l'ossature et des fixations le permette, compte tenu de la rigidité des panneaux.

Les spécifications des isolants sous bardage rapporté sont données dans le cahier du CSTB 3586-V2.

## 7.5. • Spécifications des fixations

Les fixations des bardages sur le support s'effectuent par l'intermédiaire de dispositifs de liaison comportant un ou plusieurs éléments.

Les fixations doivent être choisies, conformément à l'[Annexe F] et au paragraphe 8.4.2 du présent document, en fonction :

- des atmosphères extérieures et ambiances intérieures ;
- du type de support (béton ou maçonnerie, charpente en acier, charpente en bois) ;
- des efforts mécaniques subis par la façade, du fait du vent, des actions sismiques, de son propre poids, de ses dilatations, de la géométrie particulière des éléments de la façade, etc.

Les fixations du bardage en acier sont effectuées par :

- vis auto-taraudeuses et autoperceuses ;
- tiges filetées ;

- vis et écrou (plat, borgne, extensible, etc.) ;
- clous à percussion et pistolet sur profil en acier dans le cas de plateaux pleins uniquement. Ces clous relèvent de la procédure d'Avis Technique.

Les fixations relèvent des normes données au paragraphe 2.1.6.

## 7.6. • Spécifications des éléments complémentaires

### 7.6.1. • Plaques translucides

Les conditions d'aptitude à l'emploi des plaques translucides sont définies dans les Avis Techniques pour une utilisation en bardage.

### 7.6.2. • Compléments d'étanchéité à l'eau

Les compléments d'étanchéité à l'eau relèvent des normes données au paragraphe 2.1.7.

## 7.7. • Ouvertures

Un chevêtre doit être prévu au droit des ouvertures.

Les fenêtres métalliques, susceptibles d'équiper une façade industrielle, doivent être conformes aux normes NF P 24-301 et NF P 24-351.

Deux approches existent pour exécuter les encadrements de baie :

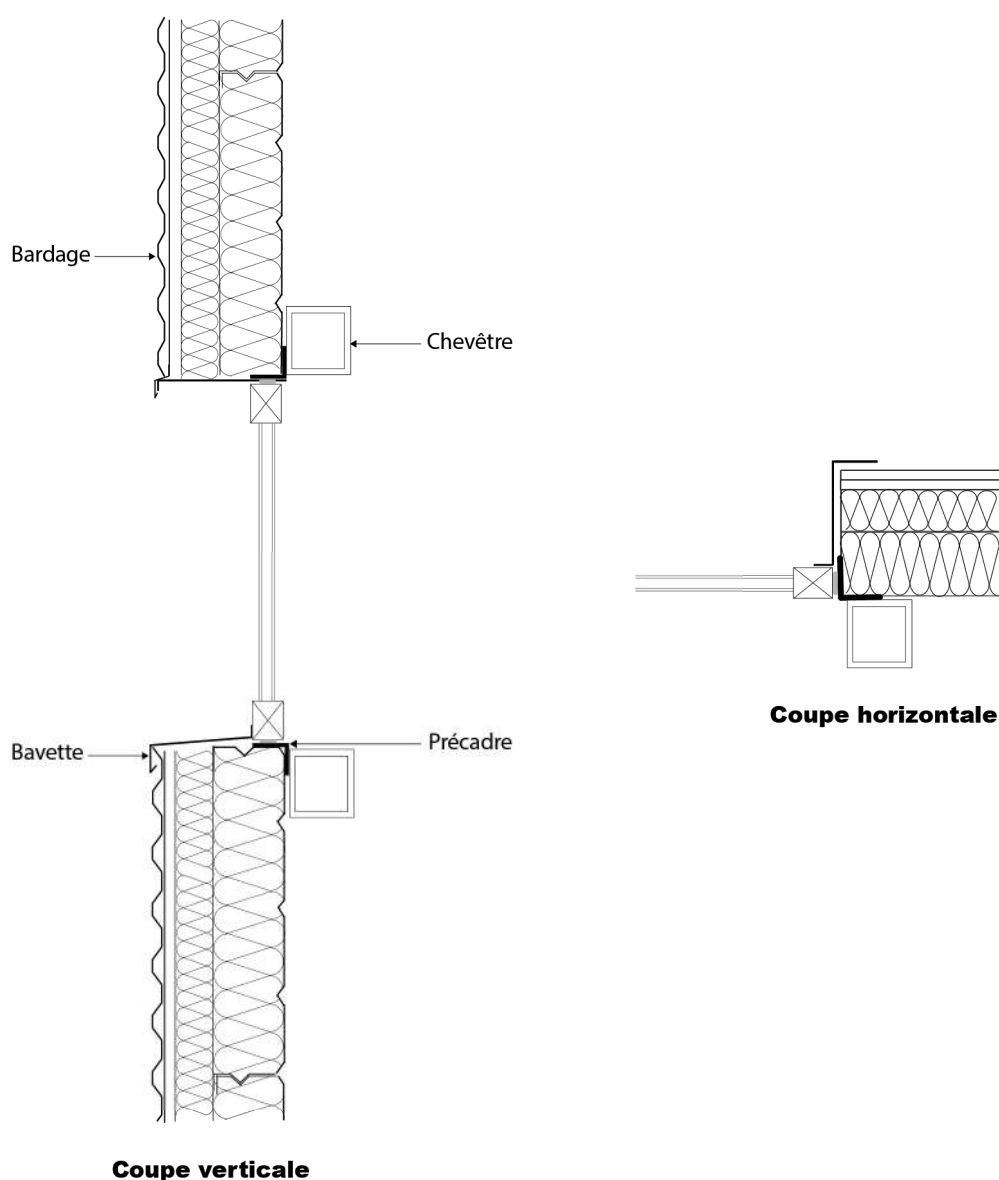
- faite à façon sur site ;
- utilisation de précadre.

Par ailleurs, différentes techniques de pose existent :

- en tunnel ;
- en applique extérieure ;
- en fond de tableau.

Ces ouvrages sont réalisés, soit par le menuisier, soit par le bardeur en fonction des pièces du marché.

La (Figure 25) donne un exemple d'exécution d'une fenêtre avec précadre. Le paragraphe 8.7.3 donne deux solutions différentes pour la réalisation des baies dans un bardage de hauteur inférieure ou égale à 20 m.



▲ Figure 25. Exemple d'exécution d'une fenêtre avec précadre

## 7.8. • Façonnés et autres accessoires pliés

Les divers accessoires formés à partir de tôles doivent respecter les spécifications des paragraphes 7.1.3.3-b ; 7.1.3.3-e ; 7.1.3.3-f concernant les matériaux de base et la protection contre la corrosion.

# 8

## Mise en œuvre



Les spécifications décrites dans ce chapitre ont pour but de définir les conditions d'approvisionnement, de stockage et de mise en œuvre des bardages en acier.

### 8.1. • Approvisionnement et stockage

Le déchargement et la manutention doivent s'effectuer sans entraîner :

- de déformation permanente (absence de défauts de forme) ;
- de dégradation risquant d'affecter la résistance à la corrosion des matériaux et l'esthétique de la façade.

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés sur un calage incliné sur l'horizontal tout en ménageant un espace avec le sol et en évitant tous risques de déformation permanente des plaques.

Précautions :

- éviter les chocs mécaniques ;
- respecter l'espacement des points de levage lors des déplacements des fardeaux.

#### Note

L'humidité et plus particulièrement la condensation entre les profilés peuvent entraîner la formation de dépôts gris à blanchâtres (rouille blanche). L'apparition d'efflorescence (rouille blanche) sur des tôles non prélaquées due à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydratée, n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques des produits.

Le maître d'œuvre doit mettre à disposition des lieux de stockage permettant de réduire les manutentions.

## 8.2. • Conditions préalables requises pour la pose

La pose des façades ne peut être entreprise que si les conditions ci-après sont toutes satisfaites (voir [Annexe P], notamment) :

- vérification de l'état du gros œuvre ;
- vérification des tracés ;
- vérification des tolérances admissibles du support ;
- vérification de la flèche des lisses perpendiculairement à leur plan (L/150 au maximum à respecter) en cas de pose verticale des plateaux. Les lisses doivent être dimensionnées conformément à l'Eurocode structure qui les concerne (cf. 2.1.1) :
  - NF EN 1993-1-1 et son annexe nationale pour les lisses en laminés marchant ou PRS, et NF EN 1993-1-3 et son annexe nationale pour les lisses en éléments minces ;
  - NF EN 1992-1 et son annexe nationale pour les lisses en béton avec insert acier ;
  - NF EN 1995-1 et son annexe nationale pour les lisses en bois (tableau des flèches concernant les bâtiments).

### 8.2.1. • État du gros œuvre

Les travaux du gros œuvre doivent être achevés pour qu'il n'y ait pas, par la suite, risque de détérioration ou de dérèglement du bardage en acier, et pour permettre à l'entrepreneur une continuité de travail.

La présence des lisses de couronnement sur l'ossature porteuse des acrotères doit être vérifiée.

Il est nécessaire d'effectuer le montage de la façade lorsque les ensembles et sous-ensembles de la structure sont entièrement terminés et réglés.

Les abords du bâtiment et l'aplomb de la structure porteuse sont dégagés et ne présentent pas d'accidents gênants (tranchées, remblais, etc.) pour la mise en place des échafaudages ou la circulation des nacelles (chemin de roulement).

Les remblais sont suffisamment compactés pour permettre la circulation de nacelles ou la mise en place d'échafaudages.

Les réservations dans les poteaux, rives de planchers, acrotères, appuis et seuils sont exécutés conformément au descriptif et aux plans remis au « bardeur ».

Les feuillures et les trous ainsi que les engravures pour bavettes, larmiers, etc., doivent être nettoyés.



### 8.2.2. • Les tracés

Les tracés dans les trois dimensions sont exécutés par le gros œuvre : niveaux au pourtour des poteaux et coffrages perdus, axes verticaux, nus finis extérieurs et intérieurs.

La tolérance de traçage des niveaux doit s'inscrire dans le cadre des tolérances définies ci-après.

Le tracé peut éventuellement être modifié en accord avec les parties.

### 8.2.3. • Tolérances admissibles de la structure porteuse

La structure porteuse est définie aux paragraphes 3.1 et 8.3.

La conception même des bardages en acier et leur application directe contre la structure porteuse font que les différences de cotes réelles de la structure porteuse se retrouvent nécessairement dans l'aspect final de la façade.

#### Note

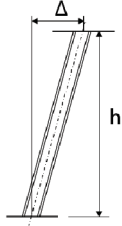
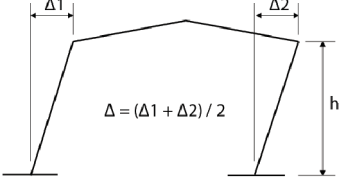
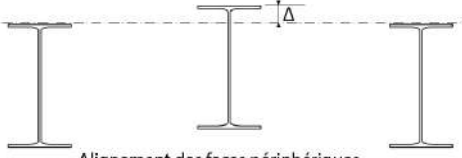
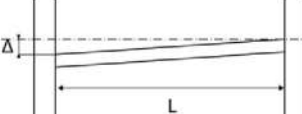
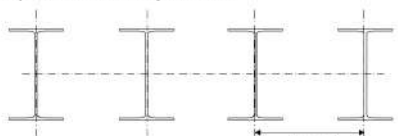
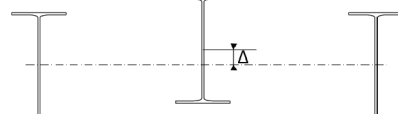
En pratique, ce type de bardage s'appliquant habituellement contre des ossatures préfabriquées (acier, béton ou bois). L'aspect final est généralement compatible avec les tolérances usuelles de ce type de construction.

Les tolérances d'implantation des supports (poteaux, lisses ou toutes autres pièces), sur lesquelles viennent se fixer les éléments de bardage, sont :

#### a) Pour les ossatures acier conformes à la norme NF EN 1090-2.

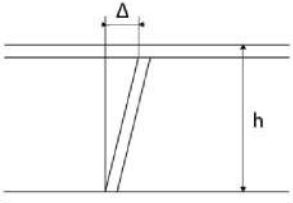
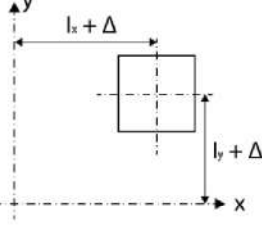
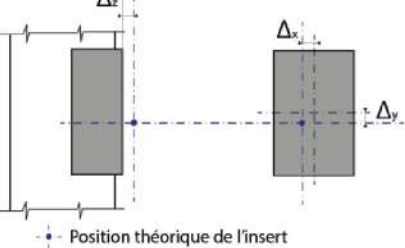
Pour les exigences particulières d'aspect, il est recommandé d'utiliser des ossatures réglables.

Le Tableau 10 ci-dessous donne les tolérances pour les supports en acier.

Tolérances des ossatures en acier – Extrait de la NF EN 1090-2		
Critère	Ecart autorisé en Classe 1	Ecart autorisé en Classe 2
Inclinaison d'un poteau (bâtiment à un seul niveau) 	$\Delta = \pm h / 300$	$\Delta = \pm h / 500$
Inclinaison de portique de bâtiment à un seul niveau 	$\Delta = \pm h / 500$	$\Delta = \pm h / 500$
Alignement des poteaux périphériques  <p>Alignement des faces périphériques des poteaux adjacents</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
Défaut d'horizontalité des lisses 	$\Delta = \pm \min\{L / 500 ; 10 \text{ mm}\}$	$\Delta = \pm \min\{L / 1000 ; 5 \text{ mm}\}$
Espacement des poteaux  <p>Entraxe entre poteaux adjacents au niveau de leur base:</p> <p><math>L \leq 5 \text{ m}</math>  <math>L &gt; 5 \text{ m}</math></p>	$ \Delta  = 10 \text{ mm}$ $ \Delta  = 0,2(L+45) \text{ mm}$ (L en mètres)	$ \Delta  = 7 \text{ mm}$ $ \Delta  = 0,2(L+30) \text{ mm}$ (L en mètres)
Alignement des axes de poteaux  <p>Position du centre du poteau au niveau de sa base, par rapport à la file de poteaux établie (ECL)</p>	$ \Delta  = 10 \text{ mm}$	$ \Delta  = 7 \text{ mm}$

▲ Tableau 10 – Tolérances pour les supports en acier

**b) Pour les ossatures béton conformes à la norme NF EN 13670 et au NF DTU 21.**

Tolérances des ossatures en béton – Extrait de la NF EN 13670	
Critère	Ecart autorisé en Classe 1
<p>Inclinaison d'un poteau ou d'un mur</p>  <p> <math>h \leq 10 \text{ m}</math>  <math>h &gt; 10 \text{ m}</math> </p>	<p> <math>\Delta = \pm \max\{15 \text{ mm} ; h/400\}</math>  <math>\Delta = \pm \max\{25 \text{ mm} ; h/600\}</math> </p>
<p>Position en plan d'un poteau</p> 	<p><math>\Delta = \pm 25 \text{ mm}</math></p>
<p>Position des inserts</p>  <p>Position théorique de l'insert</p>	<p> <math>\Delta_x = \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}</math>  <math>\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}</math> </p>

▲ Tableau 11 – Tolérances pour les supports en béton

**c) Pour les ossatures en bois conformes à la NF DTU 31.1.**

Tolérances des ossatures en bois – Extrait du NF DTU 31.1	
Critère	Tolérances
Tolérances sur les côtes d'implantation et sur les dimensions des ouvrages :	<p> <math>\pm 0,5 \text{ cm}</math> jusqu'à 7,5 mètres  <math>\pm 1,5 \text{ cm}</math> à 10 mètres  <math>\pm 5 \text{ cm}</math> à 100 mètres </p> <p>Les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire entre 7,5 m et 10 m et entre 10 m et 100 m</p>
Tolérance sur les niveaux :	$\pm 1 \text{ cm}$ sur une longueur de 10 mètres
Tolérance sur les aplombs :	$\pm 2,5 \text{ mm/m}$ sans excéder $\pm 2,5 \text{ cm}$

▲ Tableau 12 – Tolérances pour les supports en bois



### 8.2.4. • Prescriptions dans le cas de réalisation de bardage sur existant

Il convient d'effectuer une étude préalable de la stabilité de l'ossature et des éléments porteurs du bardage.

La stabilité des ouvrages est à vérifier. Les études préalables de stabilité sont à la charge du Maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence de l'entreprise de bardage.

Ces études ont pour objet de vérifier, avant l'intervention de l'entreprise de bardage, que la structure ou l'ossature du bâtiment ainsi que les éléments porteurs du bardage éventuellement conservés ont la stabilité requise compte tenu de leur état actuel, de la destination du bâtiment, des charges permanentes, des charges d'exploitation et accidentelles.

Les travaux de réfection peuvent entraîner la modification des charges permanentes du bardage (augmentation ou diminution).

Les études préalables comportent également le contrôle de la planimétrie. Elles peuvent entraîner la nécessité de travaux confortatifs ou modificatifs de la structure ou des éléments porteurs (par exemple complément d'isolation thermique, etc.).

L'hygrométrie des locaux peut avoir ou avoir eu des conséquences sur l'ensemble des dispositions constructives : stabilité, corrosion, condensation, performances thermiques, etc. ; les études préalables doivent en tenir compte.

Les plateaux et leurs fixations sont conformes aux règles de bardage de 1981 ou aux présentes Recommandations Professionnelles.

Il convient de vérifier que les appuis sont conformes aux prescriptions des présentes Recommandations Professionnelles.

Voir également l'[Annexe F] du présent document concernant les fixations sur existant (validation des  $P_k$ ).

## 8.3. • Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre

Les structures porteuses des bardages sont, sauf spécifications spéciales du marché, à la charge de l'entrepreneur du gros œuvre.

### 8.3.1. • Fixations sur béton ou maçonnerie par incorporation d'inserts lors du coulage et ancrage de dispositifs appropriés

Pour les bardages double peau, les inserts sont continus et en acier protégé et doivent résister aux efforts transmis par le bardage.

Pour les bardages rapportés, il convient de se reporter au cahier du CSTB 3194.

### Note 1

Les inserts, leur ancrage et leur incorporation dans la structure sont à la charge du lot réalisant la structure porteuse.

La protection de l'acier est assurée par galvanisation conformément à la NF EN 10346 si l'insert est un profil mince, et la NF A35-503 dans les autres cas.

La surface d'appui au niveau des inserts est située au-dessus de la surface du béton.

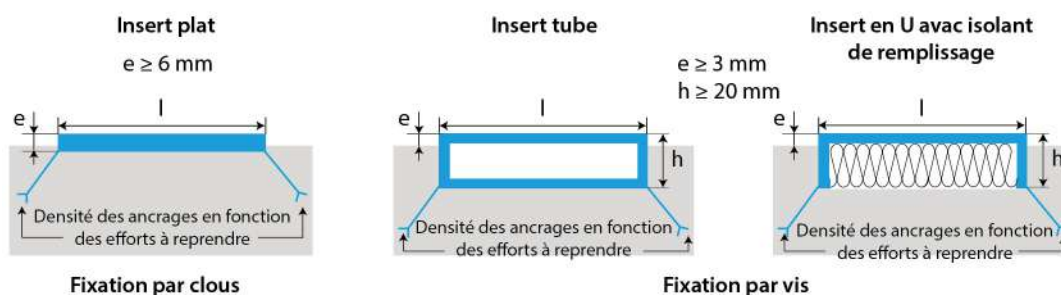
La surface d'appui des inserts « I » doit être plane et avoir une largeur minimum de :

- 90 mm à la jonction transversale en about de plateaux ;
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

### Note 2

La largeur d'appui pour les profils acier a augmenté par rapport aux règles de 1981, pour prendre en compte le retour d'expérience des poseurs sur les tolérances d'implantation et de pose des fixations.

La (Figure 26) donne les dispositions constructives à respecter aux niveaux des appuis.



▲ Figure 26. Dispositions constructives – Attaches sur béton ou maçonnerie

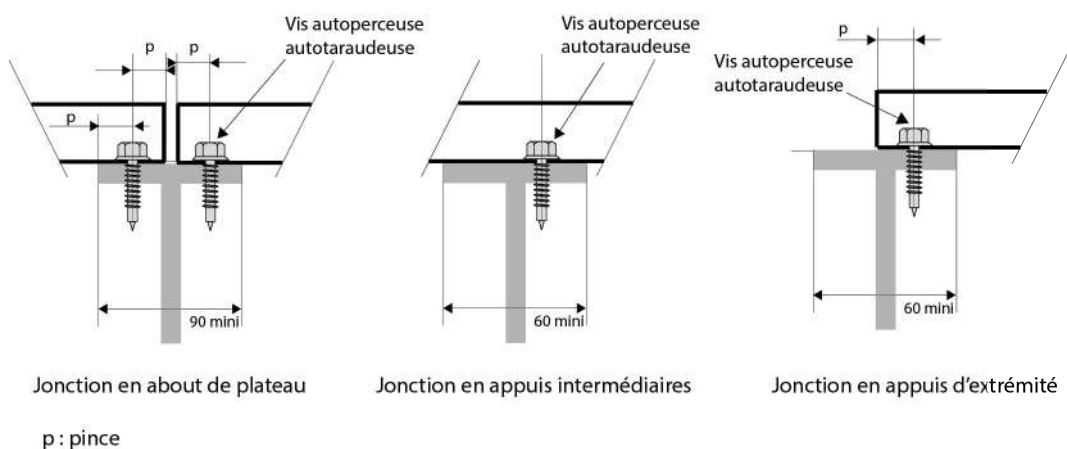
## 8.3.2. • Fixations des bardages sur charpente en acier

La fixation peut être effectuée par vissage ou clouage, selon les dispositions définies en [Annexe F] du présent document.

Les surfaces d'appui des profilés de l'ossature sur lesquelles sont posés et fixés les bardages doivent être planes et respecter les largeurs mini définies ci-après :

- l'épaisseur des supports en acier doit être supérieure ou égale à 1,5 mm ;
- dans le cas d'un assemblage par clou à percussion, l'épaisseur du support est de 6 mm minimum ;

- les dispositions technologiques de la (Figure 27) et de la (Figure 28) doivent être respectées.
- les pinces (p) sont d'au moins 20 mm et 3 fois le diamètre des fixations.



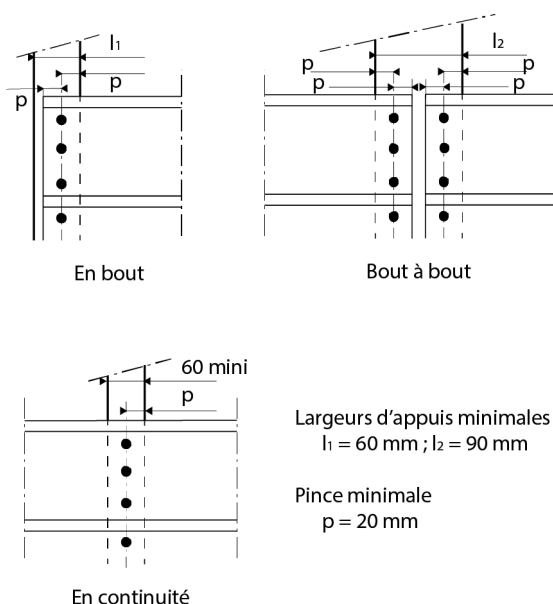
▲ Figure 27. Dispositions constructives – Attache sur charpente en acier

La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :

- 90 mm aux jonctions transversales en about de plateau ;
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

### Note

La pince de 20 mm provient du maximum de 15 mm et de 3 x diamètre des fixations, affecté d'une marge de sécurité pour la pose.



▲ Figure 28. Position des fixations et largeurs des supports pour les plateaux

### 8.3.3. • Fixation des bardages sur charpente bois

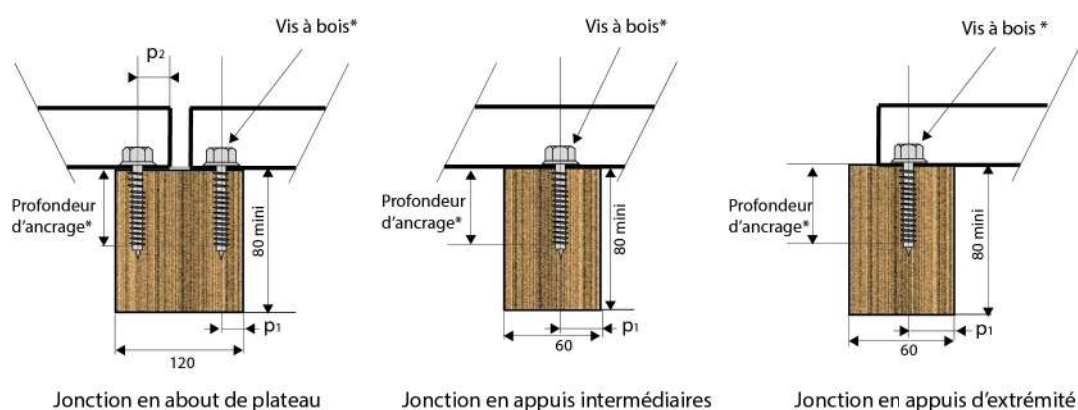
Elle s'effectue par vis à bois ou tirefond, selon les dispositions définies en [Annexe F] du présent document.

L'épaisseur minimum des supports en bois est de 80 mm.

Les dispositions technologiques définies à la (Figure 29) doivent être respectées.

La pince ( $p_1$ ) entre axes de fixations et bord de l'appui est d'au moins 4x le diamètre de la fixation (mini 30 mm).

La pince ( $p_2$ ) entre axes de fixations et extrémité de plateaux est d'au moins 20 mm.



\*Les types de vis et les profondeurs d'ancrage sont décrits dans l'annexe F

▲ Figure 29. Dispositions constructives – Attache sur charpente bois – coupe horizontale

La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :

- 120 mm aux jonctions transversales en about de plateau ;
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

### 8.4. • Mise en œuvre des bardages en acier

Le « bardeur » détermine par lui-même, sauf précisions spécifiques du marché, le mode de fixation de sa fourniture. Les différents systèmes de fixation doivent être dimensionnés pour supporter les efforts qui les sollicitent ; ils doivent également être traités contre la corrosion en fonction des ambiances définies en [Annexe B] du présent document.

Les assemblages utilisant d'autres types de fixation doivent faire l'objet d'un DTA ou AT concernant leurs résistances et leurs comportements dans le temps.

## 8.4.1. • Surface d'appui

La surface d'appui doit être lisse.

La nature et les caractéristiques des éléments de fixation utilisés doivent être compatibles avec la nature et l'épaisseur des appuis [Annexe F].

## 8.4.2. • Types, répartition et densité des fixations

Le type de fixation doit être adapté à l'assemblage à réaliser [Annexe F].

### 8.4.2.1. • Fixation des plateaux sur les supports

Trois fixations minimum par plateau et par appui doivent être mises en œuvre.

Dans le cas de plateaux perforés, les clous ne sont pas admis.

#### Note 1

La mise en œuvre avec deux fixations par plateau et par appui, prévue dans les règles de 1981, pourrait convenir. Compte tenu des dispositions sismiques qui conduisent systématiquement à 3 fixations par appuis, ce nombre minimum a été généralisé à tout type d'ouvrage par simplification.

Les fixations doivent également satisfaire l'[Annexe F] du présent document.

Vis-à-vis des efforts de dépression, il convient de vérifier les expressions suivantes (Figure 30) :

$\frac{0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	en pose sur 2 appuis
$\frac{1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	en pose sur 3 appuis ou plus et sur appui central
$\frac{0,375 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	en pose sur 3 appuis ou plus et sur appui de rive

Avec

- $L$  : portée du plateau (m) ;
- $b_u$  : largeur du plateau (m) ;
- $W_k$  : charge caractéristique en dépression (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note 2 ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $n$  : nombre de fixations sur appui ( $n \geq 3$ ) ;

- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité :
  - o  $\gamma_M = 1,35$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois ;
  - o  $\gamma_M = 1,15$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 3 mm.

### Note 2

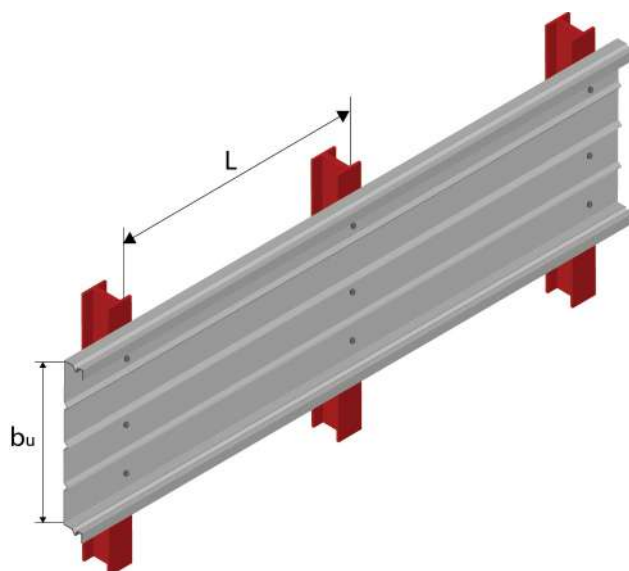
La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).

### Note 3

Le coefficient 1,5, dans les équations, correspond à la pondération ELU.



▲ Figure 30. Définition des paramètres de calcul pour les fixations des plateaux sur leurs supports

#### 8.4.2.2. • Fixations de couture des plateaux

Un couturage des lèvres de plateaux est à assurer systématiquement par des vis de 4,8 mm minimum avec un espacement maximal de 1 m.

Les vis de couture sont positionnées le long de la hauteur  $h$  des lèvres de plateau.

### Note

La fixation des écarteurs ou des plaques nervurées (plateaux sans écarteurs) joue le rôle de vis de couture directement.



### 8.4.2.3. • Fixation des écarteurs sur les plateaux

Elle est à assurer sur chacune des lèvres de plateau (Figure 31) :

- Pour les écarteurs en Z fixés à chaque aile de plateau ou en  $\Omega$  fixés en quinconce sur chaque aile de plateau, on doit vérifier que la fixation satisfait l'expression suivante :

$$2,2 \times (1,5 \times W_k) \times b_u \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

#### Note 1

Le coefficient 2,2 prend forfaitairement en compte un effet de pied de biche (de 2) sur la fixation et la continuité de l'écarteur (de 1,1) qui est sur plus de 3 appuis.

- Pour les écarteurs en  $\Omega$  fixés par 2 fixations sur chaque aile de plateau, on doit vérifier que chaque fixation satisfait l'expression suivante :

$$0,5 \times 1,1 \times (1,5 \times W_k) \times b_u \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

- $W_k$  : charge caractéristique en dépression due au vent (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note 2 ci-dessous) ;

#### Note 2

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

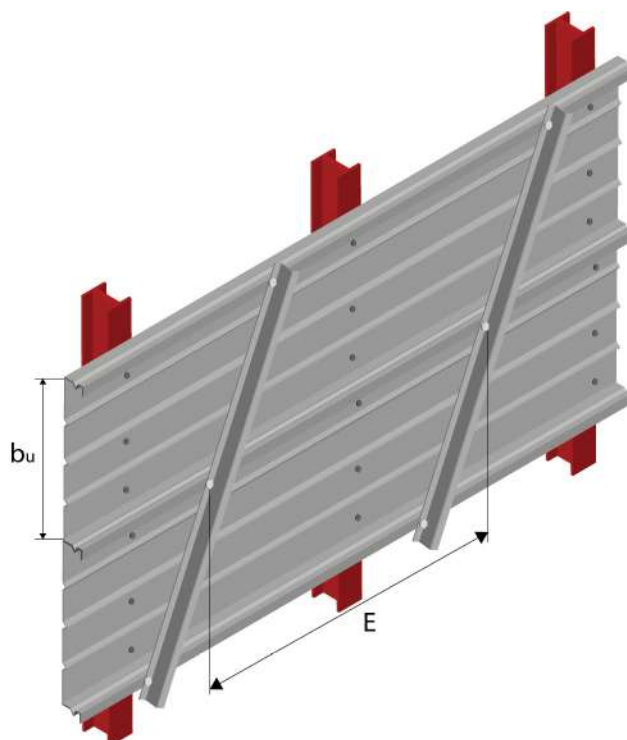
$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).

- $b_u$  : largeur du plateau (m) ;
- $E$  : espacement entre les fixations de 2 écarteurs successifs (m) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $\gamma_M = 1,5$  (dans deux lèvres de plateaux de 0,75 mm mini).

#### Note 3

Le coefficient de sécurité  $\gamma_M$  est de 1,5 pour prendre en compte le montage lié à l'assemblage de deux épaisseurs de tôles.



▲ Figure 31. Définition des paramètres de calcul pour les fixations des écarteurs sur les plateaux

#### 8.4.2.4. • Fixation des peaux extérieures – cas des bardages simple peau

##### Densité minimale de fixation

Aux extrémités des plaques et aux recouvrements transversaux, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le Tableau 13 ci-dessous.

Les nervures aux recouvrements longitudinaux sont à fixer sur tous les supports.

Une fixation réduite sur appuis intermédiaires est admise avec une densité minimale de 2 fixations par mètre linéaire.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250 mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.



Mode de pose et position de fixation associée aux extrémités des plaques et aux recouvrements transversaux	
Plaque saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure (a)
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35 (b)
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage (c)

▲ Tableau 13 – Densité de fixations de la peau extérieure – cas des bardages simple peau

### Vérification de la tenue des fixations

En complément des prescriptions du paragraphe précédent, les vérifications suivantes doivent être menées :

- Plaque seule posée sur 2 appuis (Figure 32) :

$$0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

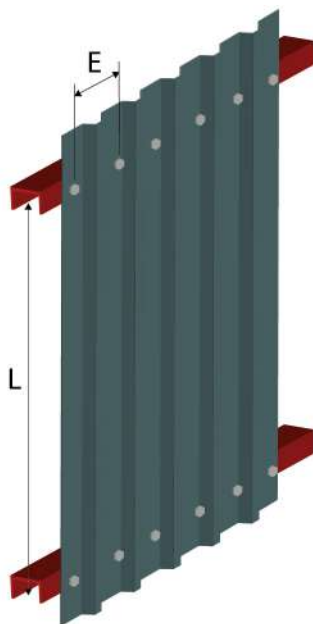
- L : portée de la plaque (m) ;
- E : espacement des vis (m) ;
- $W_k$  : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note 1 ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité :
  - o  $\gamma_M = 1,35$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois ;
  - o  $\gamma_M = 1,15$  pour des épaisseurs acier supérieures ou égales à 3 mm.

### Note 1

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).



▲ Figure 32. Définition des paramètres de calcul pour une plaque seule

- Plaque posée sur 2 appuis avec recouvrement transversal (Figure 33) :

$$(1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

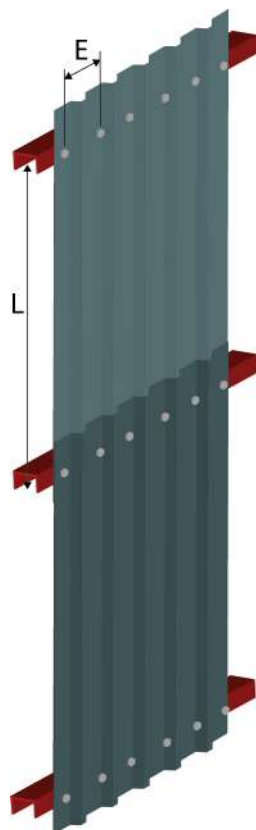
- L : portée de la plaque (m) ;
- E : espacement des vis (m) ;
- $W_k$  : charge de vent caractéristique en dépression (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note 2 ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité :
  - o  $\gamma_M = 1,35$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois ;
  - o  $\gamma_M = 1,15$  pour des épaisseurs acier supérieures ou égales à 3 mm.

## Note 2

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D)



▲ Figure 33. Définition des paramètres de calcul pour une plaque sur 2 appuis avec recouvrement transversal

- Plaque posée en continuité sur plusieurs appuis (3 appuis ou plus ; (Figure 34)) :

$$1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

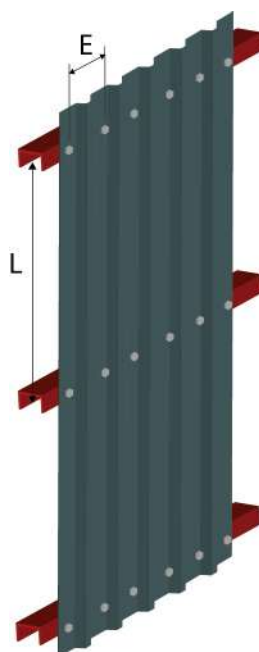
- L : portée de la plaque (m) ;
- E : espacement des vis (m) ;
- $W_k$  : charge de vent caractéristique en dépression (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note 3 ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité :
  - o  $\gamma_M = 1,35$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois ;
  - o  $\gamma_M = 1,15$  pour des épaisseurs supérieures ou égale à 3 mm.

### Note 3

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).



▲ Figure 34. Définition des paramètres de calcul pour une plaque sur 3 appuis

#### 8.4.2.5. • Fixation de couture des bardages simple peau

Le couturage est à assurer dans le cas des nervures saillantes par des vis de 4,8 mm minimum avec un espacement maximal de 1 m.

Les fixations aux supports jouent le rôle de coutures.

#### 8.4.2.6. • Fixation des peaux extérieures sur les plateaux

Aux extrémités recouvertes ou non des plaques, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le Tableau 14 ci-dessous.

La nervure de rive parallèle à un angle ou à une ouverture est à fixer sur chaque lèvre de plateau.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250 mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Mode de pose et position de fixation associée aux extrémités, recouvertes ou non, des plaques	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure (a)
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35 (b)
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage (c)

▲ Tableau 14 – Densité de fixations de la peau extérieure – cas des bardages double peau

En partie courante, les fixations sont disposées le long des diagonales. La distance entre fixations le long d'une même nervure de plaque ne doit pas excéder 1,6 m. La distance entre lignes de fixations ne doit pas excéder une largeur de plateau.

On respectera une densité minimale,  $n_{fix}$ , de 2,5 fixations au  $m^2$  en partie courante. On tiendra compte qu'en rive de bâtiments,  $W_k$  est majorée en fonction du référentiel (Règles NV 65 modifiées 2009 ou Zone A au sens des normes NF EN 1991-1-4 et NF EN 1991-1-4/AN).

On vérifie que :

$$1,25 \times \left( \frac{1,5 \times W_k}{n_{fix}} \right) \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Les fixations doivent en outre satisfaire aux vérifications suivantes (Figure 35) :

$$E1 \leq \frac{P_k}{1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

$$E2 \leq \frac{P_k}{1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

Avec :

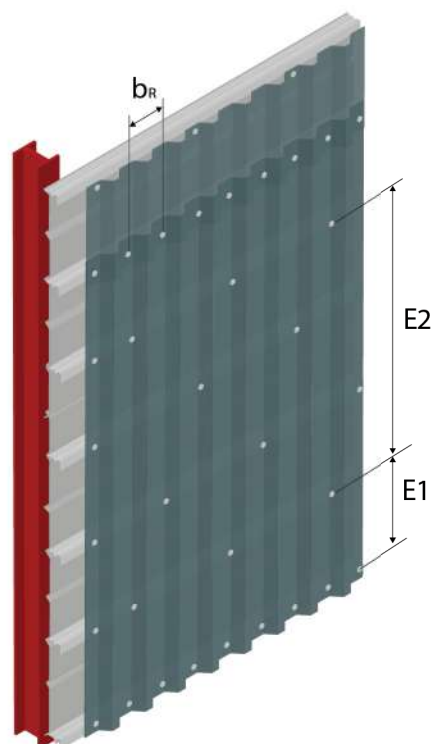
- E1 : largeur du plateau (m) ;
- E2 = 1.6 m maximum ;
- $b_R$  : pas d'onde (m) ;
- $W_k$  : charge de vent caractéristique en dépression ( $daN/m^2$ ) (cf. Note ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 ( $daN$ ) dans deux lèvres de plateau ;
- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité ( $\gamma_M = 1,5$ ).

## Note

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).



E1 : Largeur de plateau en m

E2 : Espacement maximum entre deux fixations le long d'une même nervure = 1,60 m

$b_R$  : Pas des ondes du profil en m

▲ Figure 35. Définition des paramètres de calcul pour les fixations des peaux extérieures sur les plateaux

### 8.4.2.7 • Fixation des peaux extérieures sur les écarteurs

Aux extrémités recouvertes ou non des plaques, pour chacune des nervures sur chacun des écarteurs et sur les lisses périphériques, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le Tableau 15 ci-dessous.

En fonction de la densité de fixations, on vérifiera la résistance des assemblages en fonction du Tableau F7 de l'[Annexe F] du présent document.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250 mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Mode de pose et position de fixation associée aux extrémités recouvertes ou non des plaques	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure (a)
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35 (b)
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage (c)

▲ Tableau 15 – Densité de fixations de la peau extérieure – cas des écarteurs

Les vérifications suivantes doivent être menées (Figure 36) :

- Plaque unique posée sur 2 appuis :

$$0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

- Plaque posée sur 2 appuis avec recouvrement transversal :

$$1,0 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

- Plaque posée en continuité sur plusieurs appuis (3 appuis ou plus) :

$$1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

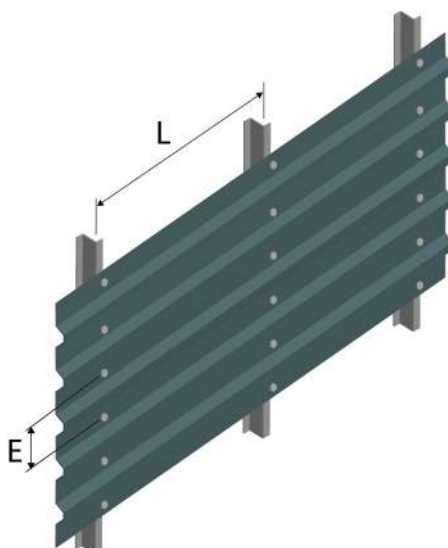
- L : portée de la plaque (m) ;
- E : espacement des vis (m) ;
- $W_k$  : charge de vent caractéristique en dépression (daN/m<sup>2</sup>) (cf. Note ci-dessous) ;
- $P_k$  : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P30-314 (daN) ;
- $\gamma_M$  : coefficient de sécurité ( $\gamma_M = 1,35$  pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois).

### Note

La charge caractéristique de vent  $W_k$  vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$  fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe K).

$W_k = W_{50}$  lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe D).



▲ Figure 36. Définition des paramètres de calcul pour une plaque sur 3 appuis

#### 8.4.2.8. • Fixation de couture des peaux extérieures

- Lorsque les peaux sont fixées sur écarteurs, l'espacement maximal des fixations de couture de 4,8 mm de diamètre minimum est de 1 mètre.
- Lorsque les peaux sont fixées directement sur les plateaux (fixation selon la (Figure 35) en quinconce), la couture des plaques entre elles doit être réalisée avec un espacement de 1 mètre.

#### 8.4.3. • Pare-vapeur

Le pare-vapeur est mis en œuvre selon les dispositions du paragraphe 6.6.2.2 :

- soit en fond de plateau ;
- soit déroulé verticalement devant les lèvres des plateaux.

#### 8.4.4. • Pare-pluie

Les bardages en profilés acier nervurés ou ondulés visés par le présent document ne nécessitent pas la mise en œuvre d'un pare-pluie.

#### 8.4.5. • Conditions de pose des bardages en acier

##### 8.4.5.1. • Prescriptions communes

Les fixations et leur mise en œuvre doivent répondre aux conditions minimales définies dans l'[Annexe F] des présentes Recommandations Professionnelles.

Les clous à pisto-scellement ne sont pas admis sur les plateaux perforés.

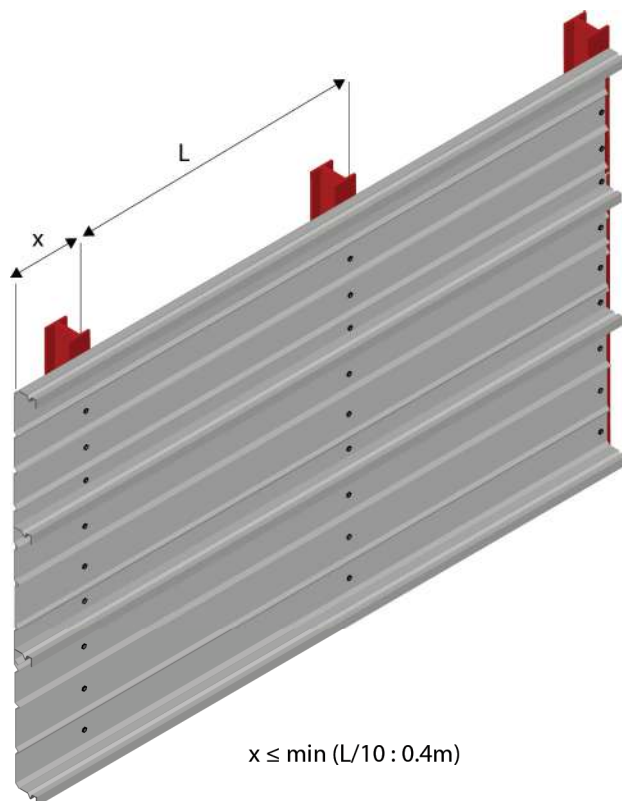


### 8.4.5.2. • Porte-à-faux des plateaux

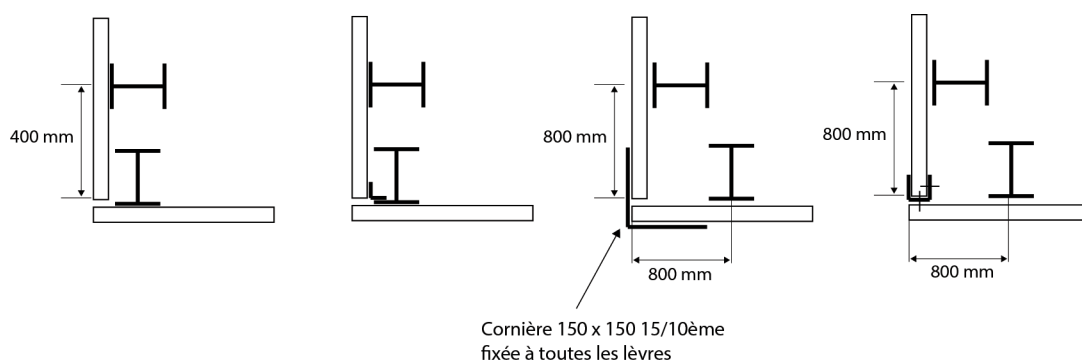
#### a) Cas de la pose horizontale :

Le porte-à-faux (x) est limité à  $L/10$  et 400 mm sans dispositions particulières. L désigne la portée adjacente au porte-à-faux (Figure 37).

Il peut être porté à 800 mm en respectant les dispositions constructives de la (Figure 38) (cornière ou U en acier galvanisé 15/10).



▲ Figure 37. Disposition technologique concernant les portes à faux



▲ Figure 38. Exemple de dispositions particulières en porte-à-faux de plateaux

#### b) Cas de la pose verticale :

- Le porte-à-faux est limité à  $L/10$  et 400 mm excepté en acrotère où il est limité à 200 mm.
- Les plateaux et la peau de bardage ne peuvent servir de support à aucun élément étranger au bardage (exemple : garde-corps, enseigne, etc.).

### 8.4.5.3. • Porte-à-faux des bardages simple peau

#### a) Cas de la pose horizontale :

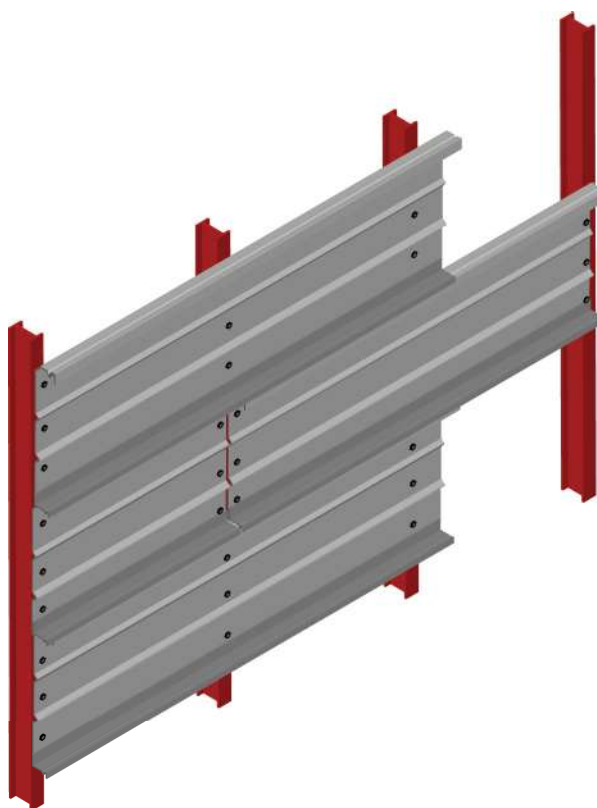
Le porte-à-faux est limité à 400 mm sans dispositions particulières.

#### b) Cas de la pose verticale :

Le porte-à-faux est limité à  $L/10$  et 400 mm, excepté en acrotère où il est limité à 200 mm.

### 8.4.5.4. • Plateaux avec nombre impair de travées

Les plateaux sont dimensionnés [Annexe N] et positionnés en quinconce en alternant la pose sur 2 appuis et la pose sur 3 appuis (Figure 39).



▲ Figure 39. Dispositions de pose en quinconce des plateaux

### 8.4.6. • Tolérances de pose des bardages en acier et conditions de réception

#### 8.4.6.1. • Tolérances de pose

Les tolérances du gros œuvre ne peuvent être ni rattrapées, ni compensées par un bardage en acier en appui direct sur l'ossature porteuse.

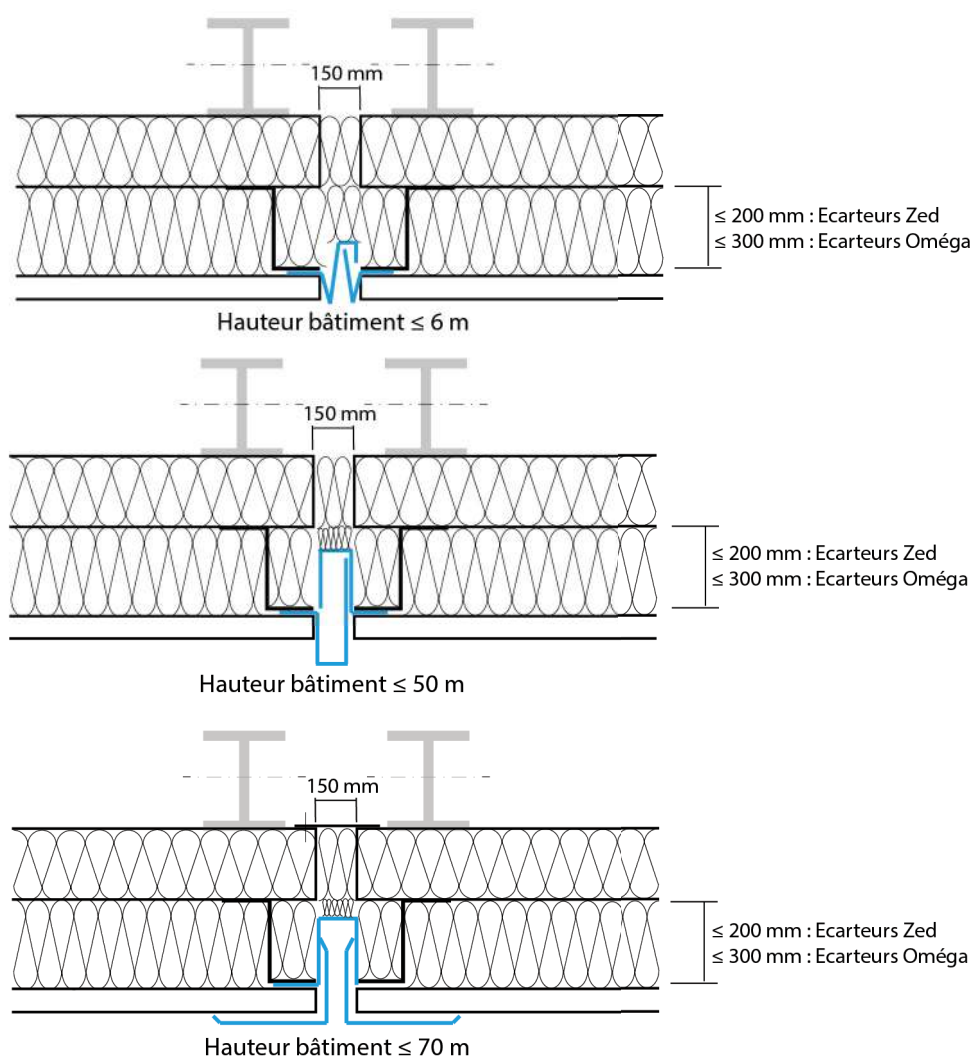
En revanche, les tolérances propres de pose des bardages s'appliquent aux points suivants définis dans le Tableau 16.

	Verticalité des ondes (peau extérieure en partie courante)*	Horizontalité des ondes (peau extérieure en partie courante)*	En angle, tolérance de parallélisme entre le couvre-joint et la dernière onde (peau extérieure)*	Alignement horizontal des façonnés
Bardage double peau	± 15 mm/10 m	± 15 mm/10 m	± 10 mm/10 m	Sans objet
Bardage simple peau ; Bardage rapporté	± 15 mm/10 m	± 15 mm/10 m	± 10 mm/10 m	Sans objet
En bavette	Sans objet	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m
Couronnement d'acrotère	Sans objet	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m
* Ces tolérances sont cumulatives				

▲ Tableau 16 – Tolérances de pose des bardages simple peau et double peau en acier

### 8.4.7. • Joints de dilatation et joints de fractionnement sismique

Les éléments de bardage doivent être interrompus aux droits des joints de dilatation. Des profils complémentaires assurent la continuité du plan d'étanchéité à l'eau (Figure 40).



▲ Figure 40. Exemples de traitement de joint de dilatation pour différentes hauteurs de bâtiment

Les joints de fractionnement sismique sont traités sur le même principe. La largeur du joint dans le parement extérieur est au moins égale à celle du joint de séparation au niveau de la structure.

#### 8.4.8. • Mise en œuvre de l'isolation dans le cas de la laine minérale

La mise en œuvre de l'isolation peut être en un lit, deux lits ou trois lits comme indiquée ci-après.

La pose d'isolant en un lit en fond de plateaux ne permet pas de traiter les ponts thermiques intégrés au système.

La pose d'un feutre isolant en un seul lit déroulé devant les plateaux est réservée aux seuls locaux ou bâtiments non chauffés au sens des RT (température opérative inférieure à 12°C). Cette isolation a pour objet unique de réduire les phénomènes de condensations sur la paroi.



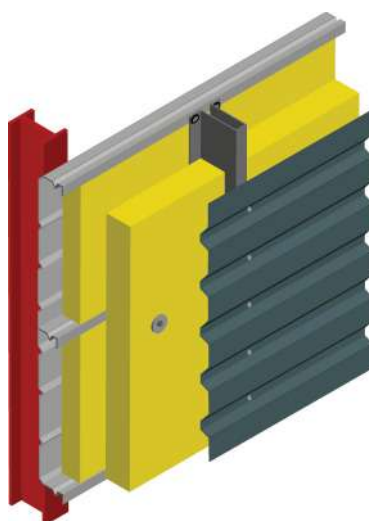
**Toute compression de l'isolant générera des ponts thermiques ponctuels à prendre en compte pour le calcul de  $U_p$ .**

### 8.4.8.1. • Pose en 2 lits

La mise en œuvre de l'isolation doit être effectuée conformément aux descriptions données dans le Tableau 17.

Lit d'isolant	Type de pose	Épaisseur maximale de l'isolant	Type d'isolant	Description de la pose
<b>1<sup>er</sup> lit</b>	En fond de plateaux	Hauteur d'un plateau	Panneaux ou rouleau en laine minérale	Isolant inséré dans les plateaux
<b>2<sup>e</sup> lit</b>	Entre les écarteurs	Dans le cas d'une pose horizontale ou oblique du bardage : hauteur d'écarteur avec déduction des 20 mm de la lame d'air. Dans le cas d'une pose verticale avec lame d'air ventilée : dito ci-dessus. Dans le cas d'une pose verticale du bardage (sans lame d'air) : hauteur de l'écarteur.	Rouleau en laine minérale semi-rigide	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40 mm mini et d'épaisseur 75/100 <sup>e</sup> mini : – 2 fixations en partie haute. – 1 fixation tous les 2 m <sup>2</sup> mini, pour le reste.
			Panneaux en laine minérale semi-rigide	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40 mm mini et d'épaisseur 75/100 <sup>e</sup> mini : 2 fixations mini par panneau.
	Sous les écarteurs	80 mm	Rouleau en laine minérale	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40 mm mini et d'épaisseur 75/100 <sup>e</sup> mini : – 2 fixations en partie haute. – 1 fixation tous les 2 m <sup>2</sup> mini, pour le reste.

▲ Tableau 17 – Descriptions de la pose de l'isolation en 2 lits



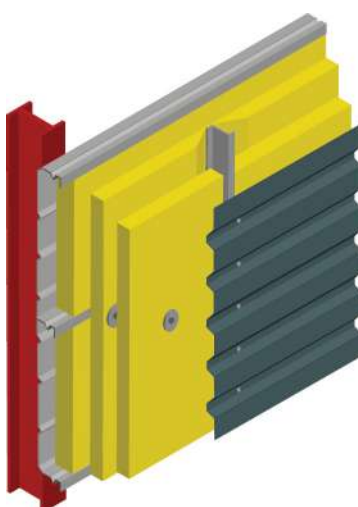
▲ Figure 41. Exemple de pose de l'isolation en 2 lits – 2<sup>e</sup> lit entre les écarteurs

### 8.4.8.2. • Pose en 3 lits

La mise en œuvre de l'isolation doit être effectuée conformément aux descriptions données dans le Tableau 18.

Lit d'isolant	Type de pose	Épaisseur maximale de l'isolant	Type d'isolant	Description de la pose
<b>1<sup>er</sup> lit</b>	En fond de plateaux	Hauteur d'un plateau	Panneaux ou rouleau en laine minérale	Isolant inséré dans les plateaux
<b>2<sup>e</sup> lit</b>	Sous les écarteurs	80 mm	Rouleau en laine minérale	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40 mm mini et d'épaisseur 75/100 <sup>e</sup> mini : – 2 fixations en partie haute. – 1 fixation tous les 2 m <sup>2</sup> mini, pour le reste
<b>3<sup>e</sup> lit</b>	Entre les écarteurs	Dans le cas d'une pose horizontale ou oblique du bardage : hauteur d'écarteur avec déduction des 20 mm de la lame d'air et de l'épaisseur du 2 <sup>e</sup> lit. Dans le cas d'une pose verticale avec lame d'air ventilée : dito ci-dessus. Dans le cas d'une pose verticale du bardage (sans lame d'air) : hauteur de l'écarteur avec déduction de l'épaisseur du 2 <sup>e</sup> lit.	Rouleau en laine minérale semi-rigide	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40 mm mini et d'épaisseur 75/100 <sup>e</sup> mini : – 2 fixations en partie haute. – 1 fixation tous les 2 m <sup>2</sup> mini, pour le reste.

▲ Tableau 18 – Description de la pose de l'isolation en 3 lits



▲ Figure 42. Exemple de pose de l'isolation en 3 lits



### 8.4.9. • Étanchéité à l'eau des bardages en acier

Les façonnés doivent présenter un recouvrement de 120 mm minimum avec la peau extérieure et entre eux.

Les couronnements d'acrotère, larmier, bavette, etc., doivent comporter une pente de 5% pour interdire la stagnation de l'eau et en assurer l'évacuation.

Le raccordement vertical du bardage avec un mur en béton ou en maçonnerie est traité avec un joint de fractionnement d'une façon identique au joint de dilatation (cf. 8.4.7).

### 8.4.10. • Perméabilité à l'air

Cas du calfeutrement des joints entre plateaux :

- Les joints sont garnis d'une bande de calfeutrement continue et positionnée de façon à être comprimée entre les lèvres des plateaux.
- Ces bandes sont complétées par d'autres bandes comprimées entre extrémités de plateaux et appuis de structure.

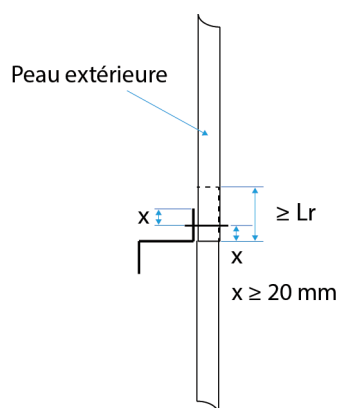
Cas de la membrane pare-air :

- Les différents lés de membranes sont liaisonnés entre eux en continu, par soudage ou adhésivage (simple ou double).
- Une attention particulière doit être portée au niveau des points singuliers (longrine, acrotère, tour de baie, etc.).

### 8.4.11. • Recouvrement des plaques nervurées ou ondulées (sinusoïdales) verticales

Les recouvrements transversaux s'effectuent toujours au droit d'un appui (lèvre de plateau, écarteur, ossature rapportée ou lisse).

Quel que soit le type d'écarteur, le recouvrement normal transversal  $L_r$  des plaques nervurées ou ondulées est de 70 mm minimum. Une pince minimum de 20 mm est à respecter (Figure 43).



▲ Figure 43. Recouvrement  $L_r$  au droit d'un appui

## 8.5. • Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées en pose horizontale

### 8.5.1. • Spécifications techniques spécifiques pour les matériaux et composants

#### 8.5.1.1. • Plaques nervurées ou ondulées ou sinusoïdales

Elles ont une épaisseur minimale de 0,75 mm.

#### 8.5.1.2. • Pièces de finition

L'épaisseur minimale des pièces de finition est de 0,75 mm en acier S280 Gd minimum de même nuance que celui utilisé pour les profils de bardage et de même protection que celles utilisées pour les profils de bardages.

### 8.5.2. • Prescriptions complémentaires de mise en œuvre

#### 8.5.2.1. • Mise en œuvre des plaques nervurées ou ondulées

##### • Sens de pose :

La pose des plaques nervurées ou ondulées s'effectue de préférence de bas en haut en progressant dans le sens inverse des vents de pluie dominants, lorsque les raccordements transversaux sont effectués par recouvrement.

##### • Recouvrements longitudinaux :

Ils sont réalisés par simple ou double recouvrement de nervures selon la hauteur de nervuration (cf. 7.1.1.c). La plaque du dessus venant en recouvrement de la plaque de dessous.

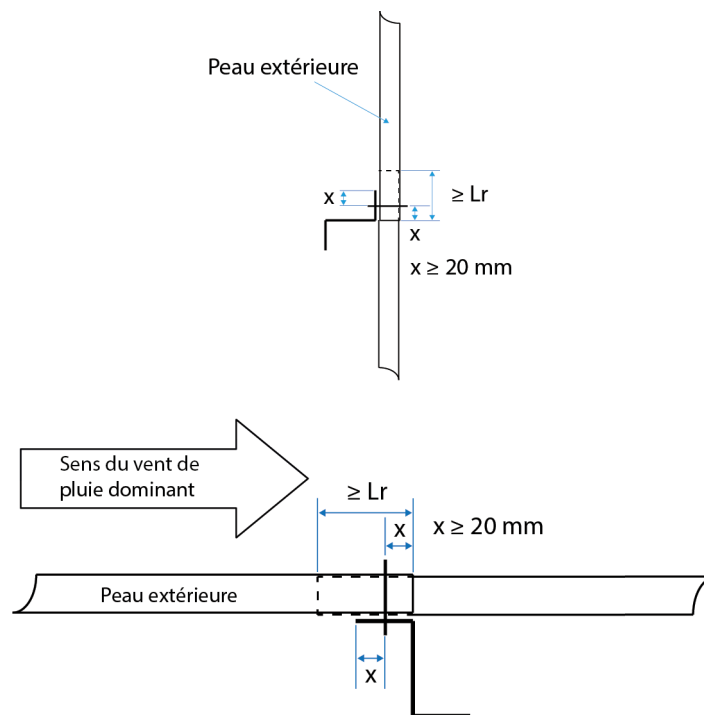
#### 8.5.2.2. • Raccordements transversaux

Les raccordements transversaux des plaques peuvent être réalisés en continu par recouvrement ou en discontinu avec des dispositions spécifiques.

##### A. Recouvrements transversaux continus

Quel que soit le type d'appui (ossature secondaire, lèvre, écarteur), le recouvrement normal transversal  $L_r$  des plaques nervurées ou ondulées est de 100 mm minimum pour des hauteurs de bâtiment inférieures à 50 m (Figure 44).





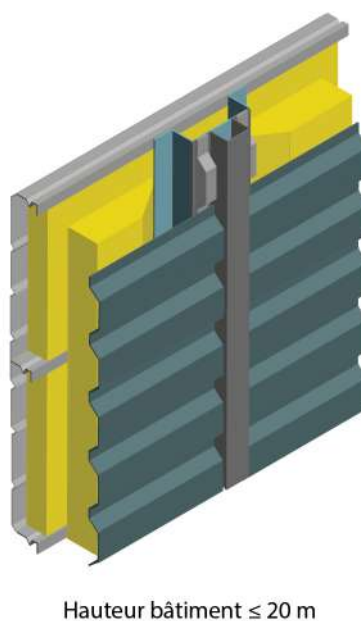
▲ Figure 44. Recouvrement  $L_r$  au droit d'un appui

## B. Recouvrements transversaux discontinus avec closoirs non métalliques

Lorsqu'aucun dispositif de drainage n'est prévu en extrémité de plaque nervurée non recouverte, il y a lieu de pincer un closoir de forme entre l'appui d'extrémité et la plaque (Figure 45).

Les closoirs sont en matériaux conformes aux normes NF P 85-570 et NF P 85-571 d'épaisseur 15 mm minimum et de profil adapté à la géométrie de la plaque.

Ces dispositions sont valables pour une hauteur de bâtiment inférieure ou égale à 20 m.

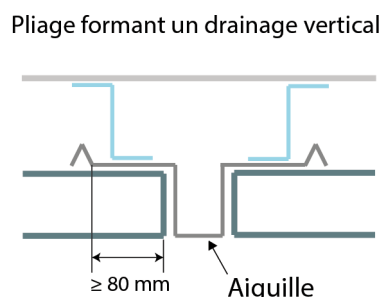


▲ Figure 45. Bardage horizontal avec closoir

### C. Recouvrements transversaux discontinus avec profilés munis de pliage drainant

La jonction entre plaques de bardages peut s'effectuer via des aiguilles ou Oméga comportant un pliage formant un drainage vertical des eaux d'infiltration (Figure 46).

A la jonction de continuité entre deux aiguilles, le recouvrement est assuré par un pliage selon la (Figure 46) et un emboîtement des 2 profils l'un dans l'autre.



▲ Figure 46. Bardage horizontal avec des aiguilles

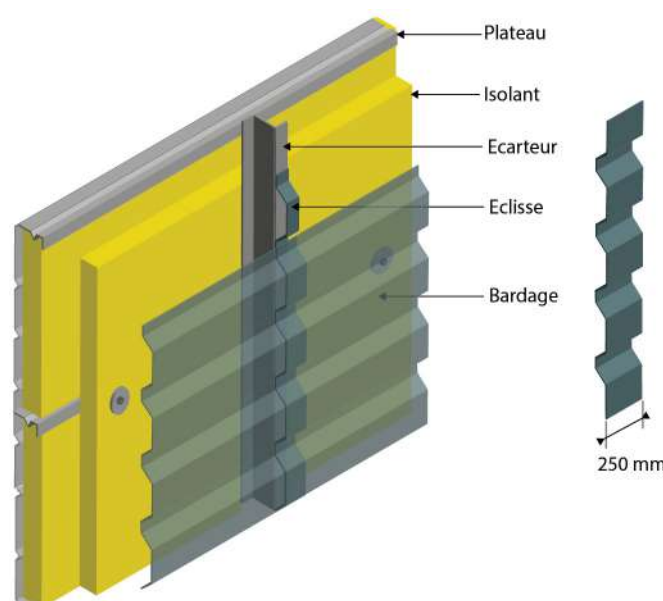
### D. Recouvrements transversaux discontinus avec éclissage

Ce type de jonction implique la mise en œuvre d'une éclisse extraite d'une tôle de bardage, d'une largeur minimale de 250 mm (Figure 47).

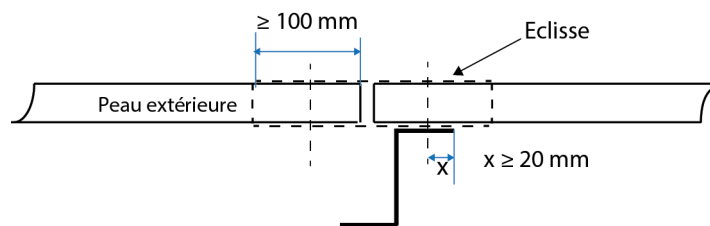
Le recouvrement de l'éclisse est décalé par rapport au recouvrement longitudinal du bardage d'au moins une nervure.

Les tôles sont aboutées sur l'éclisse d'environ 100 mm chacune. Les plaques nervurées sont vissées sur l'écarteur à travers l'éclisse. Les pinces entre le bord de l'éclisse et la plaque sont de 20 mm minimum.

Les pinces entre les fixations et les bords de l'écarteur sont de 20 mm minimum. La largeur d'appui de l'écarteur doit être adaptée (Oméga inversé) (Figure 48).



▲ Figure 47. Dispositions constructives d'éclissage



▲ Figure 48. Recouvrement discontinu avec éclissage

### 8.5.2.3. • Dispositions complémentaires relatives à la fixation des plaques sur les écarteurs

En partie courante et autour des ouvertures du plan de façade :

- Toutes les nervures doivent être fixées sur les écarteurs. Pour les plaques qui présentent plus de 5 nervures par mètre, on se limite à 5 fixations par mètre.
- Les fixations doivent également être justifiées par calculs conformément au paragraphe 8.4.2 et être uniformément réparties.

### 8.5.2.4. • Dispositions complémentaires relatives au couturage dans le cas des nervures saillantes

Densité : une fixation de 4,8 mm minimum avec rondelle d'étanchéité tous les 1 m maximum.

Les fixations des plaques nervurées sont considérées comme des fixations de couture.

### 8.5.2.5. • Précautions de pose

Afin d'obtenir une pose satisfaisante, les premières plaques profilées doivent être mises à l'horizontal à l'aide d'un moyen approprié.

Une vérification visuelle de l'horizontalité et de l'alignement des nervures, à partir de l'extrémité du bâtiment, sera réalisée de façon régulière à l'avancement de la pose.

### 8.5.2.6. • Complément d'étanchéité à l'eau

Compléments d'étanchéité éventuels (cf. 5.2).

Dans le cas des bardages simple peau, au droit des recouvrements transversaux, des compléments d'étanchéité sont nécessaires à partir de 20 m de hauteur. Le recouvrement  $L_r$  est au minimum de 150 mm.

### 8.5.3. • Dispositions complémentaires générales

#### 8.5.3.1. • Entretien

Compte tenu de la position horizontale des nervures ou des ondes, des risques d'accumulation de poussières, mousses, etc. sont à craindre si le bardage ne fait pas l'objet d'une visite d'entretien annuelle.

Les dispositions de l'[Annexe A] du présent document doivent être respectées.

#### 8.5.3.2. • Aspect

Le bardage horizontal, du fait des lignes horizontales, est plus sensible à l'aspect de vague que le bardage vertical.

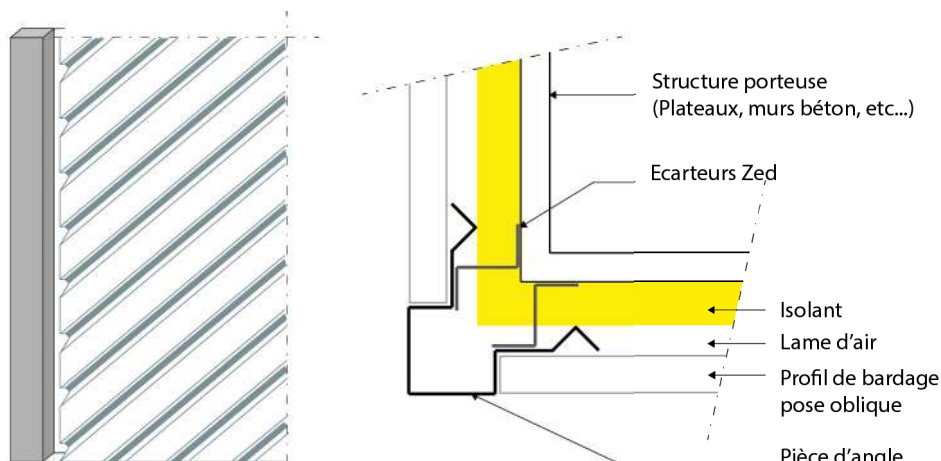
Des finitions avec des joints creux permettent de soigner l'esthétique de ce type de bardage.

### 8.6. • Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées obliques

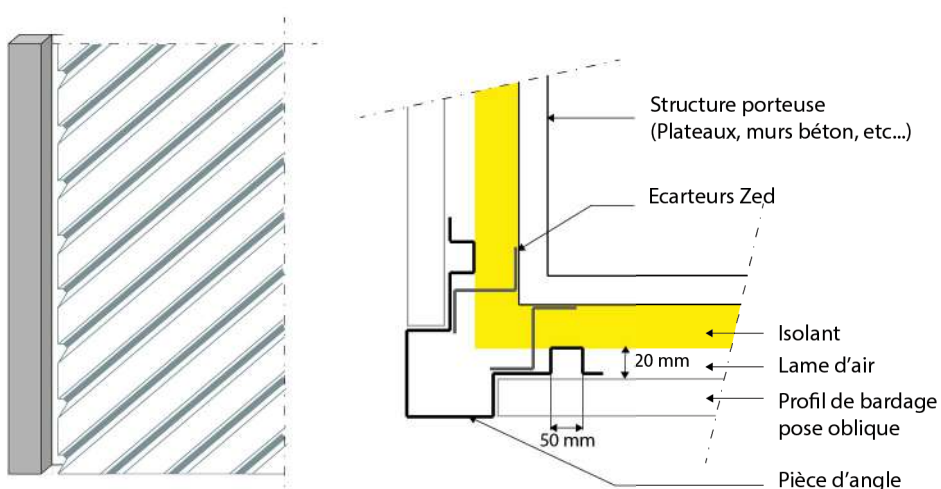
Une lame d'air de 20 mm, ventilée ou non, doit être prévue.

Des profils à recouvrement doivent être systématiquement utilisés.

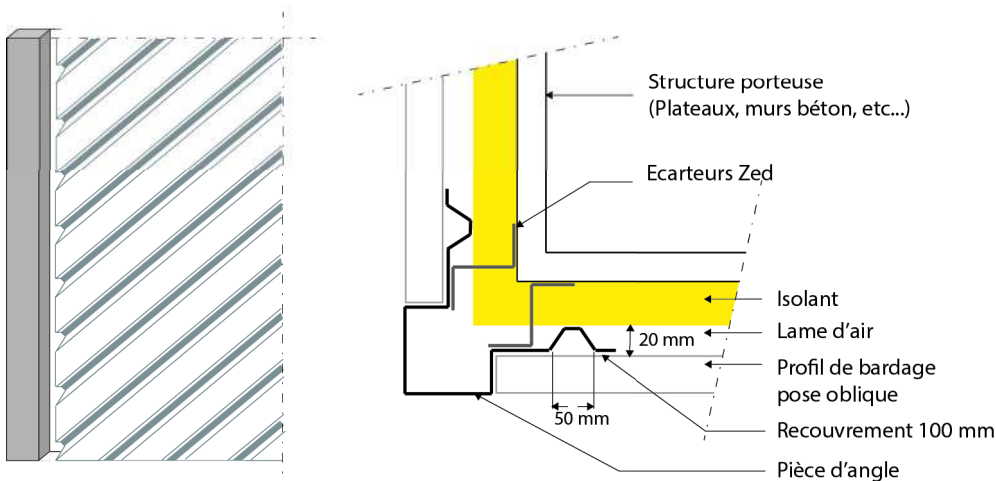
Un traitement particulier des rives est à prévoir, soit par closoir (hauteur de bardage de 6 m maximum) soit par pliage drainant (Figure 49).



Hauteur bâtiment  $\leq 6$  m, ou max. de la longueur de pièce d'angle d'un seul tenant



Hauteur bâtiment  $\leq 6$  m, ou max. de la longueur de pièce d'angle d'un seul tenant



Hauteur bâtiment  $> 6$  m (pièce d'angle assemblée avec recouvrement de 100 mm mini)

▲ Figure 49. Dispositions constructives pour les bardages obliques en fonction de la hauteur du bâtiment

## 8.7. • Ouvrages particuliers

### 8.7.1. • Généralités

On entend par ouvrages particuliers :

- les hauts de façade (acrotère) ;
- les habillages d'ouverture ;
- les pieds de façade ;
- les raccords d'angle ;
- les raccords d'auvent ;
- les aboutages.

Ces détails de construction sont vus chantier par chantier et font l'objet de plans d'exécution.

Il est rappelé que ces pièces ont une épaisseur minimale de 0,63 mm, en acier S280 GD protégé contre la corrosion comme les profils de bardage.

Des exemples sont donnés en [Annexe H] du présent document.

### 8.7.2. • Acrotères

La couvertine doit déborder de 30 mm du nu de la façade et de la face extérieure de l'ouvrage placé côté couverture ou toiture. Elle comporte des retombées qui recouvrent de 30 mm le parement extérieur côté façade et de 30 mm également l'ouvrage placé côté toiture ou couverture, pour empêcher la pénétration d'eau derrière ces ouvrages. La couvertine doit être étanche à l'eau. La pente minimum de la couvertine est de 5%.

La charpente doit comporter une ossature filante en partie haute (support de couvertine, dispositifs de sécurité, support de contre-bardage,...).

### 8.7.3. • Habillage des ouvertures

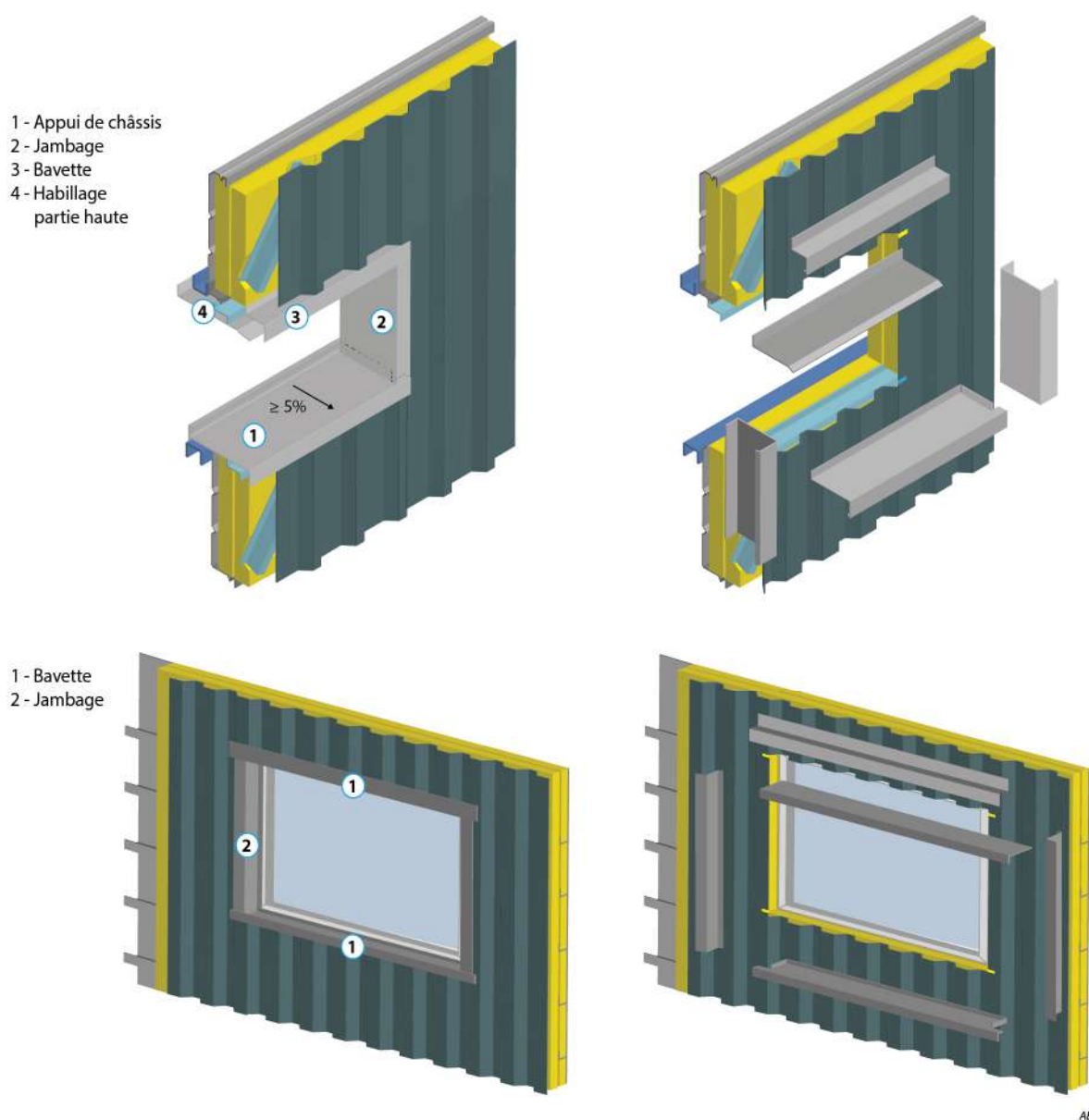
La (Figure 50) donne deux solutions pour la réalisation des baies dans un bardage de hauteur inférieure ou égale à 20 m.

La pente de la tôle d'appui ou bavette est de 5% minimum.

La tôle d'appui comporte un pli de 30 mm minimum derrière le jambage.

Un rejingot minimum de 10 mm selon le NF DTU 36-5 est nécessaire.

Voir également le paragraphe 6.7.3.



▲ Figure 50. Exemples de dispositions constructives pour la réalisation d'une baie

## Essais

---

# 9



### 9.1. • Performances mécaniques et sismiques

La détermination des performances mécaniques et sismiques des plateaux et bardages suivant la procédure définie par l'[Annexe C] et l'[Annexe M] du présent document est à la charge du fabricant.

### 9.2. • Essais supplémentaires

Des essais supplémentaires de contrôle peuvent être demandés par les DPM. S'ils sont demandés au maître d'œuvre ou de l'ouvrage en cours de travaux, ils seront à la charge du maître de l'ouvrage.



## Entretien

---

# 10



Il est admis que pour conserver entièrement leur aptitude à l'emploi, les façades en acier doivent être normalement entretenues.

L'entretien extérieur des bardages en acier doit être effectué à la charge du maître d'ouvrage tous les ans.

L'[Annexe A] du présent document fixe les conditions d'usage et d'entretien normal des bardages.

# 11

## Annexes



[Annexe A] : Conditions d'usage et d'entretien des bardages en acier

[Annexe B] : Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie et de l'ambiance intérieure

[Annexe C] : Justification des bardages en zones de sismicité

[Annexe D] : Détermination forfaitaire des actions de vent selon l'Eurocode 1991-1-4 et son annexe nationale et corrigendum

[Annexe E] : Procédures applicables pour la détermination des performances des plateaux et des plaques nervurées et ondulées de bardage selon la norme NF P 34-503

[Annexe F] : Caractéristiques des fixations et de leurs accessoires

[Annexe G] : Choix des revêtements

[Annexe H] : Exemples de dispositions technologiques pour les bardages double peau avec écarteurs

[Annexe I] : Performances thermiques de bardages double peau (coefficient  $U_p$ )

[Annexe J] : Traitement des points singuliers : ponts thermiques de liaison et étanchéité à l'air

[Annexe K] : Procédure simplifiée pour l'application des Règles NV 65 modifiées 2009

[Annexe L] : Dimensionnement par calculs des capacités résistantes des profils selon l'Eurocode 3 parties 1.3 et 1.5 (compléments)

[Annexe M] : Procédures applicables pour la détermination des performances selon la NF EN 1993-1-3 des plateaux et des plaques nervurées ou ondulées de bardage par essais

[Annexe N] : Procédures d'établissement des tableaux de charges/portées et des fiches techniques suivant les différentes méthodes de dimensionnement

[Annexe O] : Procédures applicables pour la détermination des performances aux contraintes admissibles usuelles des plateaux et des plaques nervurées ou ondulées de bardage

[Annexe P] : Cahier des clauses administratives spéciales (CCS)



## ANNEXE A – CONDITIONS D'USAGE ET D'ENTRETIEN DES BARDAGES EN ACIER

### A. 1. Généralités

La condition de durabilité ne peut être pleinement satisfaite que si ces ouvrages sont entretenus et que si leur usage est conforme à leur destination.

### A. 2. Entretien

L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayants-droit après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an.

Le maître d'ouvrage ou ses ayants-droit consignera les visites dans un carnet d'entretien.

Les travaux sont de la compétence des différents corps d'état.

### A. 3. Opérations à effectuer lors d'un entretien

#### A. 3.1. Entretien extérieur

L'entretien normal comporte notamment :

1. L'enlèvement périodique des herbes, mousses et autres dépôts ou objets étrangers.
2. Le maintien en bon état des descentes d'eaux pluviales.
3. La réparation du revêtement de protection :
  - En cas de dégradation localisée accidentelle ;
  - En cas d'amorce localisée de corrosion.

L'application des peintures, vernis ou résines diverses, après lessivage ou préparation ad hoc du bardage en acier est un moyen de réparation.

4. Le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité du bardage (entourage de baies, jonctions transversales, angles ...).
5. Pour les surfaces non soumises au lavage naturel assuré par les précipitations atmosphériques, un nettoyage régulier suivi, le cas échéant, d'un traitement systématique et immédiat des parties présentant des amorces de corrosion.
6. L'identification de matériaux et produits ayant subi des altérations dues au vieillissement.
7. Contrôle visuel des éléments de fixations.

#### Note

Le remplacement d'un élément ancien par un élément neuf peut entraîner une différence de teinte (couleur et/ou brillance).

### **A. 3.2. Entretien intérieur**

L'utilisateur a habituellement la charge de l'entretien de l'intérieur des locaux qu'il occupe avec des produits non agressifs.

### **A. 3.3. Retouches**

#### **Sur les parties des façades en tôle d'acier galvanisée**

Les retouches des protections détériorées sont effectuées, après nettoyage des surfaces, par application d'une peinture riche en zinc, assurant une protection équivalente.

#### **Sur les parties des façades protégées par peinture**

Les retouches sont faites comme précédemment en utilisant la même peinture que celle de protection initiale ou, à défaut, une peinture assurant une protection équivalente.



## ANNEXE B – CLASSIFICATION DES LOCAUX EN FONCTION DE LEUR HYGROMÉTRIE ET DE L'AMBIANCE INTÉRIEURE

### B.1. Domaine d'application

Cette annexe a pour objet de définir les ambiances intérieures et atmosphères extérieures auxquelles il est fait référence dans le présent document.

### B.2. Hygrométrie des locaux

#### B.2.1. Généralités

Hygrométries intérieures :

A partir des deux caractéristiques  $W$  et  $n$  définies ci-après :

- $W$  : la quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure, exprimée en grammes par heure (g/h) ;
- $n$  : le taux horaire de renouvellement d'air, exprimé en mètres cubes par heure ( $m^3/h$ ).

On définit quatre types de locaux en fonction de leur hygrométrie en régime moyen pendant la saison froide :

– local à faible hygrométrie :	$W/n \leq 2,5 \text{ g/m}^3$
– local à hygrométrie moyenne :	$2,5 < W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$
– local à forte hygrométrie :	$5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$
– local à très forte hygrométrie :	$W/n > 7,5 \text{ g/m}^3$

Une classification des locaux en fonction de leur hygrométrie est donnée à titre indicatif ci-après.

#### B.2.2. Classement descriptif indicatif des locaux en fonction de leur hygrométrie

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) précisent la classe d'hygrométrie des locaux.

On trouve ci-après et à titre indicatif un classement à priori des locaux les plus courants compte tenu de leur conception, leur destination et leur utilisation.

#### Note

Ce classement ne vise que l'hygrométrie des locaux à ambiance saine, sans prise en compte de l'incidence d'une ambiance chimiquement agressive.

Certains bâtiments classés ci-après peuvent posséder plusieurs locaux de classe d'hygrométrie différente. Chaque local doit être considéré spécifiquement.

**B.2.2.1. Locaux à faible hygrométrie**

- Immeubles de bureaux non conditionnés, logements équipés de ventilations mécaniques contrôlées et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes, ...) ;
- Bâtiments industriels à usage de stockage ;
- Locaux sportifs sans public, non compris leurs dépendances (douches, vestiaires, ...).

**B.2.2.2. Locaux à hygrométrie moyenne**

- Locaux scolaires sous réserve d'une ventilation mécanique appropriée ;
- Bâtiments d'habitation, y compris les cuisines et salles d'eau, correctement chauffés et ventilés ;
- Bâtiments industriels de production dans lesquels il n'est pas généré de vapeur d'eau ;
- Centres commerciaux sous réserve d'une ventilation mécanique appropriée ;
- Locaux sportifs avec public ;
- Locaux culturels et salles polyvalentes ou de culte.

**Note**

Lors d'une occupation intermittente, l'intensité de l'occupation peut conduire à prendre en considération une classe d'hygrométrie différente. Les DPM le précisent alors.

**B.2.2.3. Locaux à forte hygrométrie (hors domaine d'application)**

- Bâtiment d'habitation médiocrement ventilé et sur occupé ;
- Locaux avec forte concentration humaine (vestiaires collectifs, certains ateliers...).

**B.2.2.4. Locaux à très forte hygrométrie (hors domaine d'application)**

- Locaux spéciaux tels que locaux industriels nécessitant le maintien d'une humidité relativement élevée, locaux sanitaires de collectivités d'utilisation très fréquente ;
- Locaux industriels avec forte production de vapeur d'eau (conserveries, teintureries, papeteries, laiteries industrielles, ateliers de lavage de bouteilles, brasseries, ateliers de polissage, cuisines collectives, blanchisseries industrielles, ateliers de tissage, filatures, tannage des cuirs,...) ;
- Piscines.



### **B.3. Ambiances intérieures**

- Ambiance saine : milieu ne présentant aucune agressivité due à des composés chimiques corrosifs.
- Ambiance agressive (hors domaine d'application) : milieu présentant une agressivité (corrosion chimique, aspersions corrosives,...) même de façon intermittente, par exemple piscines à fort dégagement de composés chlorés, bâtiment d'élevage agricole, manèges de chevaux.

### **B.4. Atmosphères extérieures**

#### **B.4.1. Atmosphère rurale non polluée**

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées à la campagne en l'absence de pollution particulière, par exemple : retombées de fumée contenant des vapeurs sulfureuses (chauffage au mazout).

#### **B.4.2. Atmosphère urbaine ou industrielle normale**

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations et/ou dans un environnement industriel comportant une ou plusieurs usines produisant des gaz et des fumées créant un accroissement sensible de la pollution atmosphérique sans être source de corrosion due à la forte teneur en composés chimiques.

#### **B.4.3. Atmosphère urbaine ou industrielle sévère**

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations ou dans un environnement industriel avec une forte teneur en composés chimiques, source de corrosion (par exemple : raffineries, usines d'incinération, distilleries, engrais, cimenteries, papeteries, etc.), d'une façon continue ou intermittente.

#### **B.4.4. Atmosphères marines**

Il existe différentes atmosphères marines :

- Atmosphère des constructions situées entre 10 km et 20 km du littoral.
- Atmosphère des constructions situées entre 3 km et 10 km du littoral.
- Bord de mer : moins de 3 km du littoral, à l'exclusion des conditions d'attaque directe par l'eau de mer (front de mer).

#### **B.4.5. Atmosphère mixte**

Milieu correspondant à la concomitance des atmosphères marines de bord de mer (voir B.4.4) et des atmosphères définies aux B.4.2 et B.4.3.



## **B.4.6. Atmosphères spéciales**

### **B.4.6.1. Atmosphères des constructions soumises à un fort rayonnement UV**

Par exemple, constructions situées en métropoles à une altitude supérieure à 900 m.

### **B.4.6.2. Atmosphères particulières**

Milieu où la sévérité des expositions décrites précédemment est accrue par certains effets tels que :

- l'abrasion ;
- les températures élevées ;
- les hygrométries élevées ;
- les dépôts de poussière importants ;
- les embruns en front de mer ;
- Etc.





## ANNEXE C – JUSTIFICATION DES BARDAGES EN ZONES DE SISMICITÉ

Cette annexe vise les cas C du tableau 3 (cases orange) du paragraphe 6.2.4.4 du présent document.

### C.1. Principe de justification

Les performances sismiques des systèmes (capacités résistantes sous actions dynamiques et sous déplacements imposés) sont établies par essais suivant les paragraphes C.2, C.3 et C.4.

Le paragraphe C.5 donne les dispositions d'application étendue des essais.

Les efforts agissant sismiques sont établis selon le paragraphe C.6.

Le paragraphe C.7 donne les dispositions à suivre sur le rapport d'étude validant le domaine d'emploi des bardages en zone sismique.

Le domaine d'application est établi en vérifiant les deux critères ci-dessous (cf. C.1.1 et C.1.2):

#### C.1.1. Résistance dynamique

Le procédé sollicité par les accélérations dans son plan définies au paragraphe C.2 ne doit pas tomber au sol. Il ne doit pas y avoir de chute du procédé.

#### C.1.2. Déplacements (limitation des dommages et sécurité des personnes)

Le procédé sollicité par les déplacements imposés dans le plan et perpendiculairement au plan suivant les paragraphes C.3 et C.4 ne doit pas tomber au sol.

#### C.1.3. Principe de justification du respect de la réglementation sismique pour les Cas C

La justification du respect de la réglementation sismique est apportée par un rapport d'étude sismique suite aux essais effectués dans un laboratoire réputé compétent et disposant d'une expérience dans le domaine de la sismique sur le territoire français donnant les zones sismiques admises, les catégories d'importance de bâtiment et les classes de sol selon le paragraphe C.7. Le laboratoire doit au moins être accrédité COFRAC.

Des applications directes des essais sont possibles conformément au paragraphe C.5.

La justification sismique perpendiculairement au plan des bardages est réputée satisfaite lorsque les raideurs des supports perpendiculairement au plan des plateaux sont équivalentes et lorsque les plateaux ont été justifiés au vent.

Les caractéristiques minimales (dimensionnelles et mécaniques) à respecter pour les :

- tôles en acier,
- ossatures en acier,
- plateaux en acier,

sont décrites dans les présentes Recommandations Professionnelles.

En respectant ces données d'entrée ainsi que les densités de fixations minimales pour les tôles et les plateaux, sauf pour le cas de la note ci-dessous, il n'y a pas besoin de vérifier que les raideurs des supports perpendiculairement au plan des plateaux sont équivalentes.

### Note

Les raideurs sont équivalentes lorsque l'ensemble des supports des plateaux, sous actions sismiques, se déplacent simultanément dans la même direction et d'une même intensité.

Dans le cas de pans de fer contreventés en pignon et pour les travées de rives de portiques en partie courante, les raideurs peuvent ne pas être équivalentes. Dans ce cas, soit le plateau doit être dimensionné en 2 appuis (pas de continuité sur appuis), soit les déplacements de la charpente perpendiculairement au plan des plateaux doivent être inférieurs à ceux que peuvent supporter les plateaux obtenus à partir des essais.

## C.2. Essais sismiques d'excitation dans le plan

### C.2.1.Principe de l'essai

Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessous (cahier CSTB 3725).

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m x 3 m minimum (Figure C.1).

Lors de l'essai, des masses peuvent être rajoutées pour couvrir la différence entre le poids du complexe correspondant à la portée visée avec le poids du complexe réellement testé.

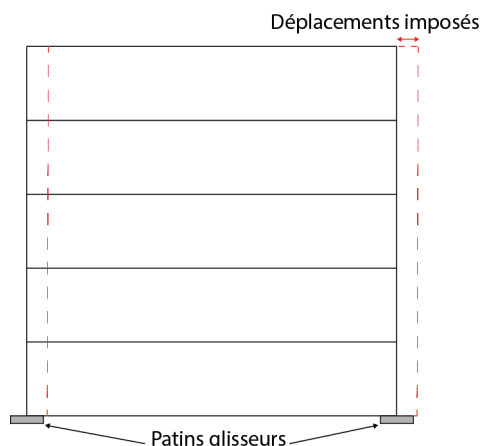
Ainsi :

- Pour couvrir des portées de plateau supérieures à celle du bâti d'essai, sans excéder 8 m, des masses sont rajoutées en fond de plateau, calculées suivant la portée du complexe visée.
- Pour couvrir un poids de peau extérieure plus important et un écartement d'ossature plus important, il convient de rajouter la masse équivalente sur le profil extérieur.

Dans le cas de bardages rapportés, il y a lieu pour la justification des chevilles de se reporter au cahier CSTB 3725.

## Note

Tester l'épaisseur maximale (plateau + écarteur + plaque de parement) de bardage avec les épaisseurs de parements minimum avec surcharge équivalente sur la peau extérieure simulant les parements les plus lourds, permet de valider toute la gamme.



▲ Figure C.1 : Montage des plateaux de bardage sur un banc vertical

Afin de couvrir les différents départements français, le balayage conventionnel du tableau C.1 ci-dessous est appliqué sur la maquette d'essai.

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
Accélération [m/s <sup>2</sup> ]								
f en Hz	3,5	5	6,4	8	9,3	11,2	14	16,5
1								
2	22,2	31,7	40,5	50,7				
3					26,2	31,5	39,4	46,4
4								
5	3,5	5,1	6,5					
6				5,6				
7					4,8	5,8		
8	1,4						5,5	6,5
9		1,6						
10			1,6					
11				1,7				
12					1,6			
13						1,7		
14							1,8	
15								1,9

▲ Tableau C.1 : Balayage conventionnel des accélérations horizontales

Les dispositions de ce chapitre sont également applicables dans le cas de bardages rapportés.

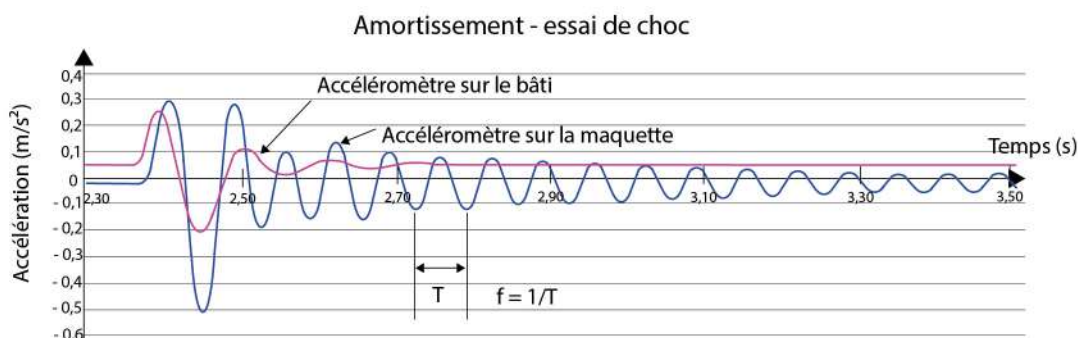
### C.2.2. Sollicitations appliquées

La définition des sollicitations sismiques est donnée dans le cahier CSTB 3725 et reprise ci-après.

Les accélérations produites par le vérin simulent les accélérations du mur support comme décrit dans le texte de l'Eurocode 8. Elles sont données à la (Figure C.2).

Les essais d'excitation dans le plan du support se déroulent en plusieurs étapes :

- Une série de 3 chocs à 2 mm d'amplitude puis une série de 3 chocs à 3 mm d'amplitude sont réalisées afin de déterminer la pseudo fréquence propre du système  $f_p$ .



▲ Figure C.2 : Exemple de détermination de la pseudo fréquence propre  $f_p$

- Lorsque la valeur de la fréquence propre du système est inférieure ou égale à 15 Hz, le balayage autour de la fréquence propre est appliqué.
- La maquette est soumise à 8 phases successives. Pour chaque phase, 5 séquences continues de 5 cycles autour de la fréquence propre sont réalisées dans l'ordre croissant des fréquences suivies de 3 séquences continues déterminées conventionnellement.
- Les amplitudes sont à déterminer comme indiqué dans le tableau C.2. Entre chaque séquence une temporisation de quelques secondes est effectuée afin de parfaitement sérier les différentes phases appliquées. A la fin de chaque phase, une pause est réalisée pour noter les observations en cours d'essai.
- Les amplitudes imposées à la maquette sont calculées d'après la formule suivante :

$$A_{(f.ai)} = \frac{a_i}{(2.\pi.f)^2}$$

Avec :

$a_i$  : accélération en  $m/s^2$  pour la phase  $i$  avec  $a_i = 2,75.a_{gr}.\gamma_i.s$  ;

$a_{gr}$  : accélération maximale de référence au niveau du sol  $m/s^2$  définie dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite « à risque normal » ;

$\gamma_i$  : coefficient d'importance du bâtiment défini dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 ;

**S :** paramètre de sol défini dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 ;

**f :** fréquence en Hz (1/T),  $T_a$  est donné dans le rapport d'essai du laboratoire compétent, à défaut  $T_a = T_1$  ;

**A :** amplitude en mm (le déplacement imposé au vérin est  $\pm A$ ).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
Accélération $a_i$ [m/s <sup>2</sup> ]								
<b>f en Hz</b>	3,5	5	6,4	8	9,3	11,2	14	16,5
<b><math>f_p = 0,5</math></b>	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles
<b><math>f_p = 0,25</math></b>	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles
<b><math>f_p</math></b>	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles
<b><math>f_p + 0,25</math></b>	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles
<b><math>f_p + 0,5</math></b>	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles	$A_{(f,ai)}$ 5 cycles
<b>2</b>	22,2 10 cycles	31,7 10 cycles	40,5 10 cycles	50,7 10 cycles				
<b>3</b>					26,2 10 cycles	31,5 10 cycles	39,4 10 cycles	46,6 10 cycles
<b>4</b>								
<b>5</b>	3,5 10 cycles	5,1 10 cycles	6,5 10 cycles					
<b>6</b>				5,6 10 cycles				
<b>7</b>					4,8 10 cycles	5,8 10 cycles		
<b>8</b>	1,4 10 cycles						5,5 10 cycles	6,5 10 cycles
<b>9</b>		1,6 10 cycles						
<b>10</b>			1,6 10 cycles					
<b>11</b>				1,7 10 cycles				
<b>12</b>					1,6 10 cycles			
<b>13</b>						1,7 10 cycles		
<b>14</b>							1,8 10 cycles	
<b>15</b>								1,9 10 cycles

▲ Tableau C.2 : Détermination des amplitudes A pour le balayage autour de la fréquence propre

- Lorsque la valeur de la fréquence propre du système est supérieure à 15 Hz, on applique le balayage conventionnel. La maquette est soumise à 8 phases successives. Pour chaque phase, 3 séquences de 20 cycles sont réalisées dans l'ordre croissant des fréquences avec les amplitudes indiquées ci-dessous.

A la fin de chaque phase, une pause est réalisée pour noter les observations en cours d'essai. L'essai est arrêté dès que la chute d'un élément est constatée ou à la fin de la 8<sup>e</sup> phase.

Enfin, une nouvelle série de 3 chocs de 3 mm d'amplitude est appliquée après le balayage.

### C.3. Essais de mise en parallélogramme sous déplacements imposés

Deux protocoles sont possibles selon le laboratoire réputé compétent. Soit les bardages sont testés verticalement (cf. C.3.1), soit les bardages sont testés horizontalement (à plat) (cf. C3.2).

#### C.3.1. Essais verticaux

##### C.3.1.1. Protocole 1

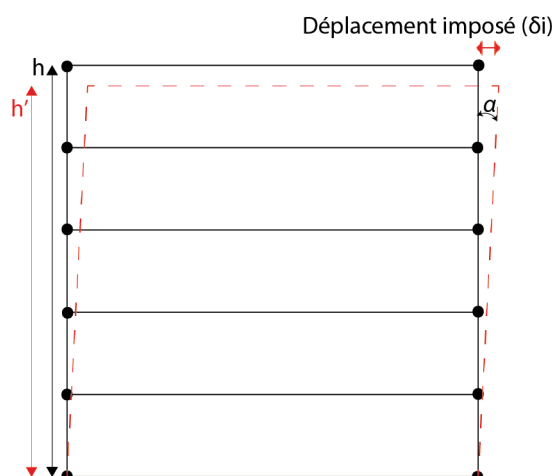
Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessous selon le cahier CSTB 3725.

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m x 3 m minimum (Figure C.3).

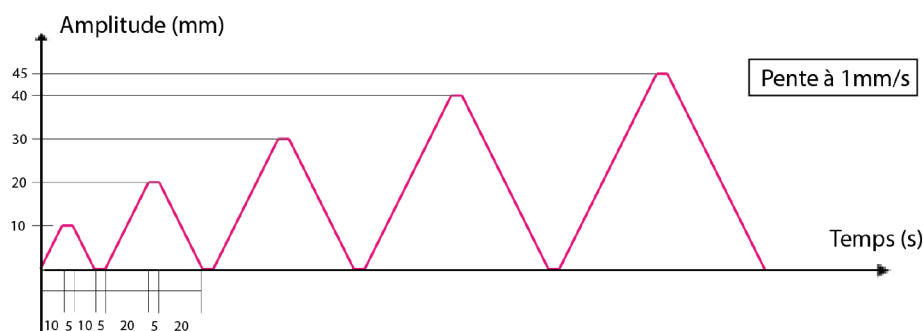
Pour couvrir des portées supérieures à celle du bâti d'essai, il convient de ne pas dépasser les angles appliqués lors des essais décrits ci-dessous.

#### Note

Tester l'épaisseur maximale (plateau + écarteurs + parements) des bardages avec les épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme.



▲ Figure C.3 : Montage d'essai vertical des plateaux de bardages sous déplacements imposés horizontaux  $\delta_i$



▲ Figure C.4 : Amplitude de déplacements imposés horizontaux  $\delta_i$

N° de séquence	Nombre de cycles	Amplitude (mm)	Fréquence (Hz)	(*) Accélération calculée ( $m.s^{-2}$ )
1	30	$\pm 4,65$	6	6,61
2	30	$\pm 45$	1	1,78
3	30	$\pm 45$	2	7,11
4	30	$\pm 50$	1	1,97
5	30	$\pm 60$	1	2,37
6	30	$\pm 70$	0,8	1,77
7	30	$\pm 80$	0,8	2,02
7	30	$\pm 90$	0,8	0,23

(\*) L'accélération est calculée en partie haute du dispositif d'essai. Au point de pivot inférieur du dispositif, l'accélération est nulle.

▲ Tableau C.3 : Amplitude de déplacements imposés en fonction des accélérations

Les résultats d'essais sont formulés sous la forme de déplacements imposés et angles associés satisfaisant le critère de non chute des bardages pour les différentes amplitudes de déplacements imposés.

En vue de vérifier le critère de non chute des bardages exigé par la réglementation sismique, le maître d'œuvre doit s'assurer que les déplacements de la structure sous actions sismiques sont compatibles avec les déplacements maximum des bardages déterminés par essais de mise en parallélogramme.

### C.3.1.2. Protocole 2

En alternative, le protocole suivant est aussi utilisable.

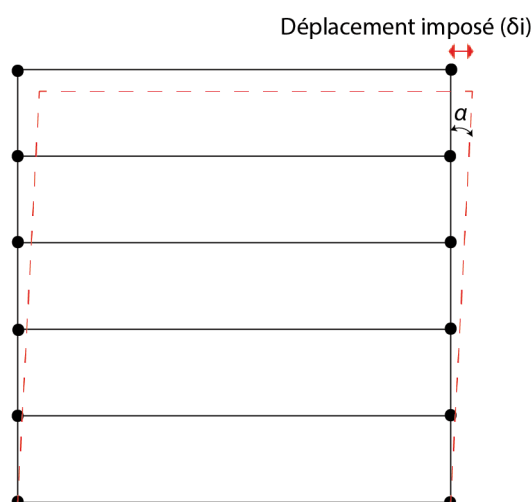
#### C.3.1.2.1. Essais de mise en parallélogramme

##### C.3.1.2.1.1. Objet

L'essai consiste à appliquer une déformation monotone croissante du support de la maquette, suivie par une phase de chargement cyclique.

Le but de l'essai est d'observer la déformation de la maquette et de mesurer les efforts lorsque le support est mis en parallélogramme, tel que décrit sur la (Figure C.5).





▲ Figure C.5 : Mise en parallélogramme des plateaux montés sur un banc vertical

### C.3.1.2.1.2. Sollicitations appliquées

Le support est déformé progressivement en 6 phases dans son plan (en parallélogramme) par un déplacement statique alterné, puis dynamique appliqué en tête selon les niveaux définis dans le Tableau C.4.

Phase	1	2	3	4	5	6
Déplacement statique	± 10 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 20 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 30 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 40 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 50 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 60 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$
Déplacement dynamique	± 10 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 20 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 30 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 40 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 50 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 60 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$
Déplacement statique	± 10 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 20 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 30 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 40 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 50 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 60 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$

▲ Tableau C.4 : Sollicitations à appliquer lors de chaque phase

### C.3.2. Essais horizontaux dans le plan des bardages

Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessous.

La maquette d'essai est montée à plat conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m x 3 m minimum (Figure C.6).

Pour couvrir des portées supérieures à celle du bâti d'essai, il convient de ne pas dépasser les angles appliqués lors des essais décrits ci-dessous.

## Note 1

Les angles  $\alpha$  (cf. Figure C.3 et Figure C.5) sont établis comme indiqués ci-dessous en fonction de la hauteur de maquette testée, et du déplacement maximal sismique imposé  $\delta_{lim}$  (correspondant au déplacement imposé par la structure au bardage dans son plan en situation sismique).

$$\tan \alpha = \frac{\text{déplacement max}(= \delta_{lim})(m)}{h(= 3m)}$$

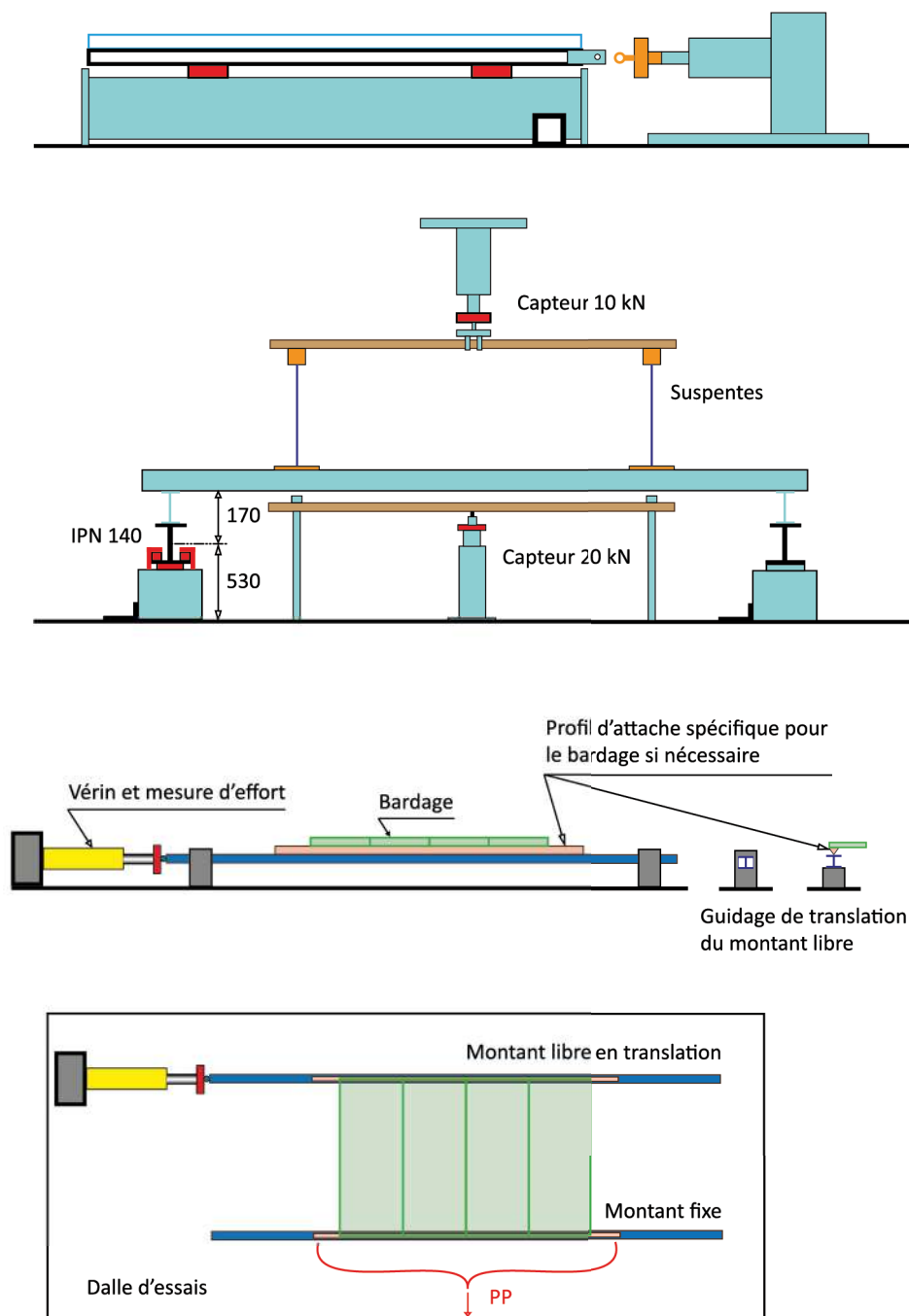
Il convient ensuite de s'assurer que l'ouvrage en cas de séisme n'impose pas des angles supérieurs à ceux ayant été validés sur les bardages lors des essais. En pratique, il convient de s'assurer que lors des essais, les angles atteints soient supérieurs ou égaux à ceux imposés par l'Eurocode 8 (ratio déplacement d'étage sur hauteur d'étage) (cf. guide ENS).

Afin de vérifier la concomitance des déplacements dans le plan et perpendiculairement au plan, des pressions sont appliquées sur les bardages entre chaque cycle de déplacements imposés dans le plan.

Les efforts perpendiculaires au plan correspondent à 30 % des masses mises en mouvement dans le plan des bardages.

## Note 2

Tester l'épaisseur maximale (plateau + écarteurs + parements) de bardages avec les épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme.



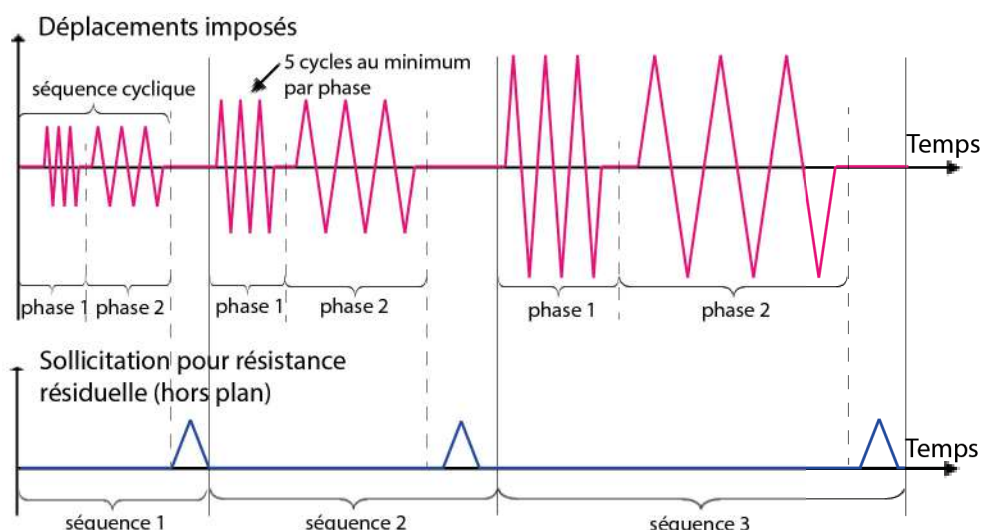
▲ Figure C.6 : Exemple de dispositif d'essai sous déplacements imposés dans le plan des bardages montés sur un banc horizontal

Afin de couvrir les différents départements français, différentes amplitudes de déplacements sont appliquées (Figure C.7).

Dans une 1<sup>ère</sup> phase, la maquette est sollicitée dans son plan (partie haute de la Figure C.7).

Dans un 2<sup>e</sup> temps, la maquette est sollicitée perpendiculairement à son plan (partie basse de la Figure C.7).

La même démarche se poursuit pour les cycles suivants.



▲ Figure C.7 : Cycles de chargement dans le plan (rouge) et perpendiculaire (bleu)

### C.4. Tenue perpendiculaire au plan

Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessus (Figure C.6).

La justification sismique perpendiculairement au plan des bardages est réputée satisfaite lorsque les raideurs des supports perpendiculairement au plan des plateaux sont équivalentes et lorsque les plateaux ont été justifiés au vent.

Les caractéristiques minimales (dimensionnelles et mécaniques) à respecter pour les :

- tôles en acier ;
- ossatures en acier ;
- plateaux en acier ;

sont décrites dans les présentes Recommandations Professionnelles.

En respectant ces données d'entrée ainsi que les densités de fixations minimales pour les tôles et les plateaux, sauf pour le cas de la note ci-dessous, il n'y a pas besoin de vérifier que les raideurs des supports perpendiculairement au plan des plateaux sont équivalentes.

#### Note

Les raideurs sont équivalentes lorsque l'ensemble des supports des plateaux, sous actions sismiques, se déplacent simultanément dans la même direction et d'une même intensité.

Dans le cas de pans de fer contreventés en pignon et pour les travées de rives de portiques en partie courante, les raideurs peuvent ne pas être équivalentes. Dans ce cas soit le plateau doit être dimensionné en 2 appuis (pas de continuité sur appuis) soit les déplacements de la charpente perpendiculairement au plan des plateaux doivent être inférieurs à ceux que peuvent supporter les plateaux obtenus à partir des essais.

### C.5. Application directe et étendue des essais sismiques

Toute application étendue est possible dans la mesure où l'ensemble des éléments ci-dessous sont tous vérifiés :

- On ne dépasse pas par attache :
  - la masse maximale par attache associée à l'accélération testée ( $F = m.a$ );
  - les angles maximum imposés lors des essais associés au rapport déplacement imposé/hauteur de la maquette testée ;
- Les fixations utilisées sont identiques aux fixations testées en dynamique et déplacement imposé (diamètre mini, qualité, matériaux, performances mécaniques  $P_k$  traction,  $P_k$  cisaillement, flexion) ;
- Le nombre de fixations n'est pas inférieur à celui testé par appui ;
- Les bardages sont en même matériaux, limite d'élasticité supérieure ou égale à celle testée et d'épaisseur supérieure ou égale à celle testée en dynamique et déplacement imposé ;
- Le bardage est du même type que celui testé ;
- Les pinces sont supérieures ou égales à celles testées en dynamique et en déplacement imposé ;
- Aucun élément étranger n'est fixé sur les bardages ;
- Les écarteurs respectent l'espacement maximum testé ainsi que leurs dimensions géométriques testées.

En conséquence :

- Un test d'un bardage simple ou double peau avec peau extérieure en pose verticale valide le même bardage simple ou double peau avec peau extérieure en pose horizontale à fixations et pinces identiques (nombre, type, qualité, diamètre, performances mécaniques en traction, cisaillement, flexion) ;
- Un test sur une épaisseur de plaque mini valide une épaisseur de plaque égale ou supérieure dans le respect des critères de conservation de la masse globale embarquée par attache;
- Un test sur une limite d'élasticité garantie du produit de bardage valide une limite d'élasticité garantie égale ou supérieure ;
- Un test en dynamique sur une épaisseur de complexe de bardage la plus grande valide des épaisseurs plus petites du même bardage (parement, plateau, isolant, type, écarteur de hauteur plus faible) sans pouvoir dépasser les épaisseurs mini des systèmes testés en parallélogramme ;
- Un test en déformation imposée sur une épaisseur de complexe de bardage la plus petite valide des épaisseurs plus grandes du même bardage (parement, isolant, type, écarteur de hauteur plus grande ) sans pouvoir dépasser les épaisseurs maximales des systèmes testés en dynamique ;

- Un test de mise en parallélogramme sur une épaisseur de bardage (plateau + écarteur + parement) la plus faible valide des épaisseurs de parement plus grandes, toutes caractéristiques mécaniques étant égales par ailleurs ;
- Une portée testée peut être augmentée si on ne dépasse pas la masse accélérée par attache et si on ne dépasse pas les angles  $\alpha$  de déformations testées par attache toutes caractéristiques ci-dessous étant identiques ou meilleures par ailleurs :
  - fixations (nombre par appui type, qualité, diamètre, performances mécaniques en traction, cisaillement, flexion) ;
  - plaque de bardage, plateau et écarteurs (épaisseur, limite d'élasticité, matériau),
  - isolant (type, densité) ;
  - type de bardage, plateau et écarteurs ;
  - espacement des écarteurs ;
- un test sur acier de limite d'élasticité  $S_{xxx}$  Gd valide le parement INOX de limite d'élasticité supérieure ou égale ;
- un test sur un nombre de fixations donné par appui valide des poses avec un nombre de fixations supérieur ou égal à celui testé (les fixations étant identiques par ailleurs) ;
- une pince augmentée par rapport à une pince testée est admise.

Les bardages double peau font l'objet d'une note de justification les concernant.

## C.6. Détermination de l'action sismique agissante dans le plan des bardages

### C.6.1.Principe

Elle est déterminée à partir de l'Eurocode 8 et du guide Eléments Non Structuraux (ENS).

#### Note

Les actions dynamiques sont établies conformément aux formules 4.24 et 4.25 « éléments non structuraux, paragraphe 4.3.5.2 » de la NF EN 1998-1 également décrite à l'article 2.2.1 du guide ENS :

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \quad (4.24)$$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \frac{3 \left( 1 + \frac{z}{H} \right)}{\left( 1 + \left( 1 - \frac{T_a}{T_1} \right)^2 \right)} - 0,5 \right] \quad (4.25)$$

Il est également possible d'utiliser la méthode de justification enveloppe définie à l'article 2.2.2 du guide ENS, qui suppose  $T_a = T_1$  et  $z = H$ , forfaitairement.

**C.6.2. Détermination pratique**

Le Tableau C.5 donne forfaitairement ( $T_a = T_1$  et  $z = H$ ) les coefficients à prendre en compte en fonction de la zone sismique, de la catégorie de bâtiment, et des classes de sol pour établir l'action sismique dans le plan du bardage :

$$F_a (N) = (\text{accélération du Tableau C5}) \times M$$

Avec  $M$  la masse totale de bardage en kg.

Les accélérations sont établies en supposant que la période propre des bardages est égale à la période d'excitation sismique, en se positionnant en  $z = H$  et en prenant un coefficient de comportement  $q_a=2$ .

Il est toujours possible de faire un calcul exact des actions sismiques lorsque les paramètres de calcul  $F_a$  et  $S_a$  sont connus précisément (période propre de vibration des bardages et du bâtiment dans la direction considérée, hauteur de calcul, etc.).

Les sollicitations sismiques sur les fixations (cisaillement en interaction avec l'arrachement) peuvent être établies à partir des expressions ci-dessus. La tenue des assemblages en dynamique doit être établie par essais en grande dimension (cf. C2).

$$F_a \leq F_{a,Rd} \quad (\text{essais selon C2})$$

Accélération [m/s²]							
2,75 × γ <sub>i</sub> × a <sub>gr</sub> × S		Catégorie d'importance de bâtiment et coefficient d'importance (γ <sub>i</sub> )					
		I (0.8)	II (1.0)	III (1.2)	IV (1.4)		
						Classe de sol	S
Zones sismiques	2	1,54	1,93	2,31	2,70	A	Classes de sol
		2,08	2,60	3,12	3,64	B	
		2,31	2,89	3,47	4,04	C	
		2,46	3,08	3,70	4,31	D	
		2,77	3,47	4,16	4,85	E	
	3	2,42	3,03	3,63	4,24	A	
		3,27	4,08	4,90	5,72	B	
		3,63	4,54	5,45	6,35	C	
		3,87	4,84	5,81	6,78	D	
		4,36	5,45	6,53	7,62	E	
	4	3,52	4,40	5,28	6,16	A	
		4,75	5,94	7,13	8,32	B	
		5,28	6,60	7,92	9,24	C	
		5,63	7,04	8,45	9,86	D	
		6,34	7,92	9,50	11,09	E	
	5	6,60	8,25	9,90	11,55	A	
		7,92	9,90	11,88	13,86	B	
		7,59	9,49	11,39	13,28	C	
		8,91	11,14	13,37	15,59	D	
		9,24	11,55	13,86	16,17	E	

▲ **Tableau C.5** : Valeur forfaitaire des coefficients permettant d'établir l'action sismique horizontale dans le plan de bardage

▲ **Note** : en zone 1 voir **Tableau 3**

## C.7. Contenu du rapport d'étude

Le contenu minimum du rapport d'étude sismique est le suivant :

### C.7.1 Objet

Le rapport d'étude a pour objet de définir l'interprétation des résultats d'essais sismiques (mandataire, laboratoire d'essai, n° de rapport d'essai) et de donner le domaine d'emploi, conformément à la réglementation sismique en vigueur, des systèmes de bardages. Le rapport d'étude est réalisé conformément à la réglementation sismique actuelle encadrée par l'Arrêté du 22 octobre 2010 et son modificatif du 25 octobre 2012.

### C.7.2. Documents de référence

- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.



- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Norme NF EN 1998-1, dite Eurocode 8, « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes ».
- Rapport d'essais selon la présente Annexe C.
- Cahier du CSTB 3725 « Stabilité en zones sismiques, Systèmes de bardages rapportés sur ossature bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de Traditionalité ».
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal », DGALN/DHUP, juillet 2013.

### C.7.3. Hypothèses générales

#### a) Description du système

Cette partie comprend la description du bardage simple ou double peau ou multiple ou rapporté (bardage, plateau, écarteurs, espacement écarteurs, isolant) et de ses fixations et accessoires, les portées testées.

#### b) Caractéristiques géométriques

Cette partie comprend la description :

- du bardage (plaque, écarteurs, plateaux) ;
- des isolants (fond de plateau, déroulé par couches) ;
- la description des organes de fixations (diamètre, vis, rondelle, type, fournisseur) ;
- les masses rajoutées pour les essais d'excitation pour couvrir des portées plus grandes ;
- épaisseur de plaques et plateaux de bardage plus grande que celles testées et de ses fixations et accessoires.

#### c) Caractéristiques mécaniques

Les performances mécaniques des produits testés sont précisées (cf. NF EN 14782).

### C.7.4. Interprétation des résultats d'essais

Cette partie donne pour les systèmes testés selon la présente annexe :

- les zones, catégorie d'importances, classe de sol validées pour le système de bardage décrit ci-avant ;
- les dispositions constructives à respecter pour chacune de ces zones, catégories d'importances et classes de sol (conditions de pinces, vis validées (diamètre type fournisseur)) ;
- les dispositions éventuelles sur les angles ou au droit des ouvertures (chevêtre).

### Note

En vertu de la réglementation actuelle, la validation couvre tout ou partie des champs suivants :

- les bâtiments de catégorie d'importance I à IV,
- les zones de sismicité 1 à 5,
- les sols de classes A à E.

## C.7.5. Sollicitations sismiques

### a) Calcul des sollicitations

Cette partie établit de manière générale le calcul des sollicitations sismiques conformément à la NF EN 1998-1 et son annexe nationale.

### b) Effets des sollicitations sismiques sur les bardages, plateaux, écarteurs et fixations

Cette partie donne les valeurs des sollicitations agissantes et résistantes sismiques sur les bardages, plateaux, écarteurs et fixation des maquettes testées selon la présente Annexe.

Dans le cas des bardages rapportés, il y a lieu de se référer au cahier CSTB 3725.

### Note

- Sont visées les sollicitations dans le plan et perpendiculairement au plan des bardages.
- Le calcul des fixations doit tenir compte du cisaillement et de la flexion des vis et de la concomitance de ces efforts avec les efforts d'arrachement.

## C.7.6. Conclusion

Cette partie conclut sur le domaine d'emploi du bardage testé conformément à la réglementation sismique en vigueur.

Elle comporte la date de validation, les mandataires et procédés bénéficiant de cette validation.

(Efforts dynamiques, déplacements limites, éventuels fractionnements).

## ANNEXE D – DÉTERMINATION FORFAITAIRE DES ACTIONS DE VENT SELON L'EUROCODE 1991-1-4 ET SON ANNEXE NATIONALE ET CORRIGENDUM

### D. 1. Référentiel

Pour mémoire, le référentiel pour déterminer les actions du vent est le suivant :

NF EN 1991-1-4

NF EN 1991-1-4/NA

NF EN 1991-1-4/NA/A1

NF EN 1991-1-4/NA/A2

Corrigendum

### D. 2. Catégorie de terrain

0 :	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.
II :	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.
IIIa :	Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé.
IIIb :	Zones urbanisées ou industrielles, bocage dense, vergers.
IV :	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts.

Le rayon R dans lequel la rugosité de terrain est à qualifier (m) est défini dans le Tableau D. 1 ci-dessous :

h (m)	10	15	20	30	50
R (m)	365	593	837	1362	2515

▲ Tableau D. 1 – Rayon R (en m) à considérer pour le calcul de l'orographie

Les Documents Particuliers du Marché préciseront la catégorie de terrain de l'ouvrage.

A défaut, on peut prendre en compte, par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

- Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0 ;
- Campagne : catégorie de terrain II ;
- Zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb.

### D. 3. Principales hypothèses

Les hypothèses sont les suivantes :

- Surface chargée :  $A = 10 \text{ m}^2$ .



- Coefficient d'orographie  $C_o(z)$  :
  - colline ou falaise dans un rayon tel que défini au tableau D. 1 alors  $C_o(z) = 1.15$
  - pas de colline ou de falaise dans un rayon tel que défini au tableau D. 1 alors  $C_o(z) = 1.0$ .
- Coefficient de direction :  $C_{dir} = 1$ .
- Coefficient de saison :  $C_{season} = 1$ .
- Coefficient de probabilité :  $C_{prob} = 1$  (correspond à une période de retour de 50 ans  $\Rightarrow W_{50}$ ).
- Coefficient structural :  $C_s C_d = 1$ .

#### Note

Le coefficient  $C_s C_d$  peut être optimisé précisément selon l'article de la revue Construction Métallique n°4, 2011 : valeur du coefficient structural  $C_s C_d$  pour un bâtiment en acier.

### D. 4. Détermination de la pression/dépression aérodynamique $W$ agissant sur les bardages

La pression aérodynamique  $W_{50}$  agissant sur les surfaces est donnée par les expressions suivantes :

#### Pour les bardages simple et double peau

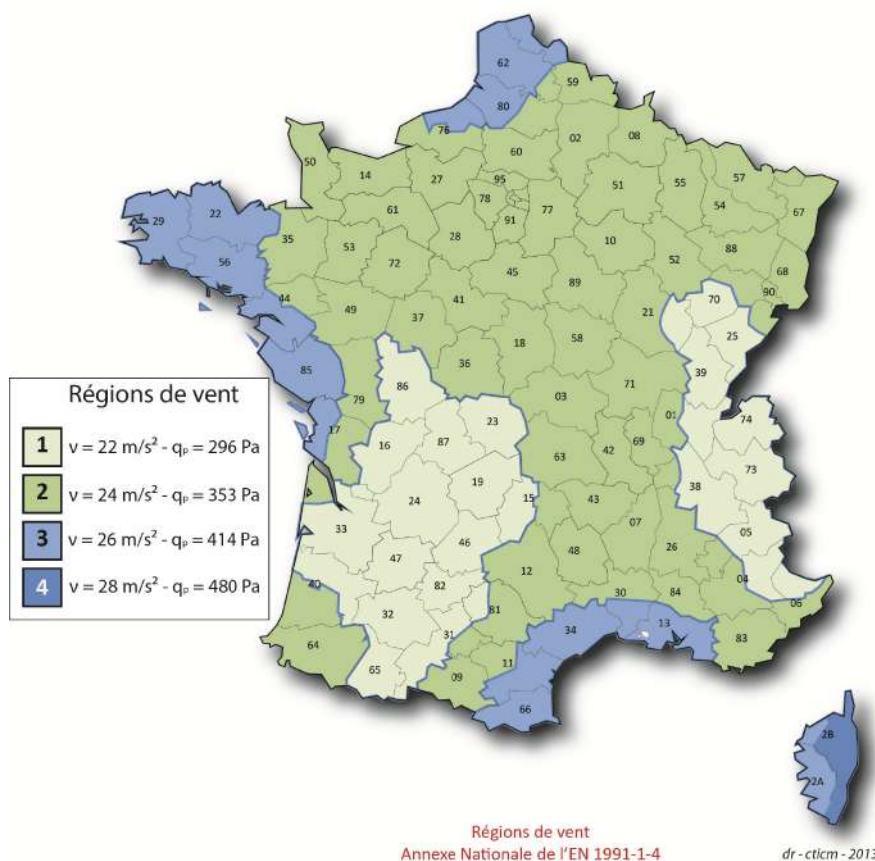
- Pour le bardage double peau :
  - La peau extérieure reprend la composante  $c_{pe}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
  - Les fixations de la peau extérieure, la composante  $c_{pe}$  :  
 $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
  - Les écarteurs et leurs fixations reprennent la composante  $c_{pe}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
  - Le plateau reprend la composante  $c_{pnet}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pnet}$
  - Les fixations des plateaux, la composante  $c_{pnet}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pnet}$
- Pour la simple peau :
  - La peau et les fixations reprennent  $c_{pnet}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pnet}$

#### Pour les bardages rapportés

La peau extérieure et les fixations reprennent  $c_{pe}$  :  $W_{50} = q_p \times c_{pe}$

Où :

- $q_p$  : la pression de vent à l'ELS (cf. Tableau D. 2) ;
- $c_{pnet}$  : le coefficient de pression net défini dans le tableau D. 3 (tenant compte du coefficient de pression intérieure et du coefficient de pression extérieure) ;
- $c_{pe}$  : par déduction du tableau D. 3, connaissant  $c_{pi}$  et  $c_{pnet}$ .



▲ Figure D. 1 : Carte Vent

Pression de vent de référence $q_p^{(1)}$ à l'ELS (daN/m <sup>2</sup> )						
(2)	Situation	Inf. à 10 m	10 à 15 m	15 à 20 m	20 à 30 m	30 à 50 m
Région 1	0	86	93	98	106	116
	II	70	77	83	91	103
	IIIa	54	62	68	77	88
	IIIb	42	50	55	64	75
	IV	38	38	44	52	63
Région 2	0	102	111	117	126	138
	II	83	92	99	109	122
	IIIa	65	74	81	91	105
	IIIb	50	59	66	76	90
	IV	46	46	52	62	75
Région 3	0	120	130	137	148	162
	II	97	108	116	128	143
	IIIa	76	87	95	107	123
	IIIb	58	69	77	89	105
	IV	53	53	61	73	88
Région 4	0	139	151	159	172	187
	II	113	125	135	148	166
	IIIa	88	101	110	124	143
	IIIb	68	80	90	103	122
	IV	62	62	71	84	102

(1) La pression aérodynamique  $W_k$  agissant sur les surfaces est donnée par  $W_k = c_{pnet} \times q_p$  ;  $c_{pnet}$  étant défini aux tableaux D. 3 ci-après.

(2) La définition des catégories de terrain est donnée dans l'Annexe nationale NF EN 1991-1-4 NA.

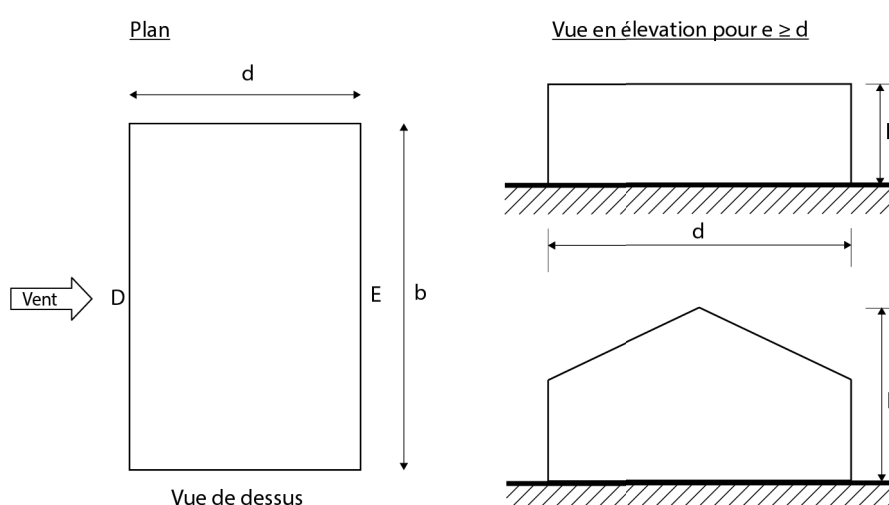
▲ Tableau D. 2 : Valeurs de la pression de vent de référence  $q_p$

Le tableau D. 3 ci-dessous donne des valeurs forfaitaires du coefficient  $c_{pnet}$  ; les effets de rive sont pris en compte dans la valeur  $c_{pnet}$  des fixations. Les paramètres  $e$ ,  $d$  et  $b$  sont donnés dans la figure D. 2.

	Bâtiments fermés		Bâtiments ouverts	
	Profil et plateaux	Fixations	Profils et plateaux	Fixations
$e < 2,5 d$	+1,1/-1,0	-1,4	+1,4/-1,4	-1,8
$e \geq 2,5 d$	+1,1/-1,4	-1,4	+1,4/-1,4	-1,8

Bâtiments fermés :  $c_{pi} +0,2/-0,3$   
Bâtiments ouverts  $c_{pi} \pm 0,6$   
Avec le signe + pour la pression et le signe – pour la dépression.  
 $d$  est soit le long pan soit le pignon en fonction de la direction de vent considérée (on fait tourner le vent).

▲ **Tableau D. 3** : Valeurs des coefficients de pression  $c_{pe} - c_{pi} = c_{pnet}$  à considérer pour les bardages (source e-cahier 3732 du CSTB)



$e$  = la plus petite des dimensions suivantes:  $b$  ou  $2h$

$b$  : dimension du côté perpendiculaire au vent

▲ **Figure D. 2** : Paramètres pour déterminer la charge de vent

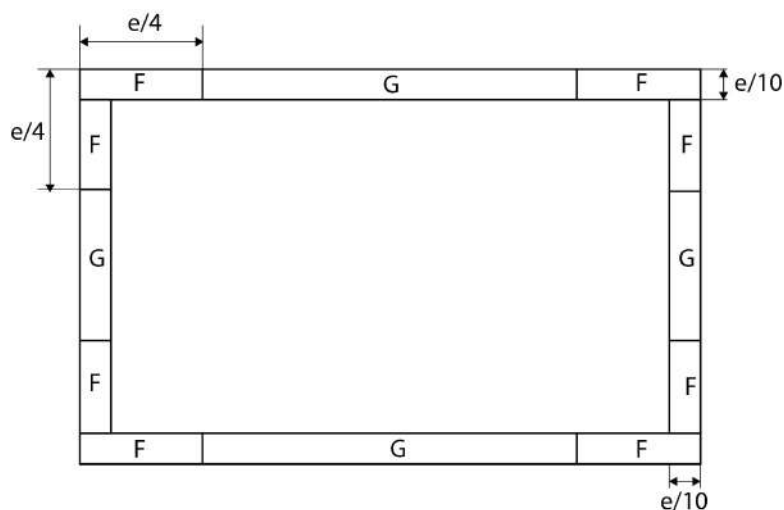
### Note

Les effets de rives sont pris en compte forfaitairement par la valeur du  $c_{pnet}$  des fixations.

## D. 5. Détermination des coefficients de pression pour les acrotères des bardages simple peau au vent Eurocodes

Le coefficient de pression résultante  $c_{pnet}$ , pour un bardage situé à l'extérieur de l'ossature porteuse :

- 2,0 le long des zones F de la (Figure D. 3).
- 1,5 le long de la zone G de la (Figure D. 3).
- -1,0 pour les acrotères sous le vent (dépression).



$e$  = la plus petite des dimensions suivantes:  $b$  ou  $2h$

▲ Figure D. 3 : Zone d'application des coefficients  $c_{pnet}$  pour les acrotères ( $b$  et  $h$  sont données dans la figure D. 2)

## D. 6. Détermination des coefficients de pression pour les acrotères avec bardages double peau et avec contre-bardage

Le coefficient de pression résultante  $c_{pnet}$  :

- 2,0 le long des zones F (+/- 1,0 sur chaque face et sur les fixations) de la (Figure D. 3) ;
- 1,4 le long de la zone G (+/- 0,70 sur chaque face et sur les fixations) de la (Figure D. 3).



## **ANNEXE E – PROCÉDURES APPLICABLES POUR LA DÉTERMINATION DES PERFORMANCES DES PLATEAUX ET DES PLAQUES NERVURÉES ET ONDULÉES DE BARDAGE SELON LA NORME NF P 34-503**

### **E.1. Généralités**

En accord avec l'article 4.3 de la norme NF EN 14782, il convient de déterminer l'adéquation d'une plaque nervurée pour une application donnée par le calcul ou par essais conformément à la spécification applicable dans le pays d'utilisation, y compris les normes rendant effectives les normes européennes applicables.

Les calculs doivent considérer une flèche en pression ou dépression de  $L/200$ .

Les performances usuelles des plateaux et des plaques nervurées en acier peuvent également être déterminées par essais conformément aux spécifications qui suivent.

### **E.2. Objet**

Il s'agit ici :

1. de préciser les conditions des essais conventionnels de flexion sous charges descendantes ou ascendantes réparties, destinés à déterminer les performances usuelles des plateaux et plaques nervurées et ondulées de bardage.
2. de définir l'interprétation de ces essais ainsi que l'établissement des tableaux et des abaques d'utilisation.

### **E.3. Cas des éléments de bardage en acier**

Exécution des essais de flexion.

#### **E.3.1. Modalités**

Elles sont définies dans la norme NF P 34-503 « Essais de flexion des plaques nervurées en tôles d'acier galvanisées revêtues ou non ». Les maquettes d'essais sont conformes au paragraphe 6.4 de cette norme.

Pour les plateaux, il sera tenu compte des dispositions suivantes :

- la maquette est constituée au minimum de 3 plateaux ;
- le couturage est possible (maquettes de type *c* ou *d* ; voir paragraphe 6.4.1 de la norme NF P 34-503) ;
- la densité de fixations d'éventuelles plaques nervurées fixées aux plateaux doit être inférieure ou égale à 3 fixations/m<sup>2</sup> (voir paragraphe 6.4.2 de la norme NF P 34-503) ;
- les plateaux peuvent être testés selon la norme NF P 34 503 ou aux sacs dans leur configurations finales d'utilisation c'est-à-dire avec les écarteurs, les isolants éventuels et



les plaques nervurées ou ondulées. Dans ce cas les dispositions technologiques validées figureront dans les fiches techniques du système testé.

### E.3.2. Programme d'essais de flexion

Ce paragraphe définit le type et le nombre minimal d'essais à exécuter. Des essais complémentaires peuvent être réalisés afin de préciser ou de compléter le domaine d'emploi des plaques nervurées (essais sur portées intermédiaires, essais sur portées réduites, essais d'arrachement avec densité de fixations réduite,...).

Le rapport d'essai précisera, les modes de ruine observés, les charges de ruine, de déformations permanentes et à  $L/200$  associé aux portées testées. Il précisera également toutes les caractéristiques des profils et matériaux testés ainsi que les configurations d'essai.

### E.3.3. Essais minimum sous charges réparties (en pression)

Les maquettes sont posées et fixées sur les appuis.

Les essais à réaliser sont au minimum les suivants :

- Pour les plateaux et plaques nervurées ou ondulées :

	3 Appuis	2 Appuis
Grande portée	L 31	L 21
Petite portée	L 32	L 22

La grande portée est généralement celle correspondant à une charge à l'essai, supérieure ou égale à  $40 \text{ daN/m}^2$  pour une flèche  $L/200$  et/ou supérieure ou égale à  $80 \text{ daN/m}^2$  à la ruine, compte tenu du poids du système de transmission des charges.

La petite portée est choisie pour une charge de ruine supérieure ou égale à  $280 \text{ daN/m}^2$ .

### E.3.4. Essais minimum sous charges réparties (en dépression)

Les maquettes sont disposées et fixées sous les appuis.

Les essais à réaliser sont au minimum les suivants :

- Pour les plateaux et plaques nervurées :

	3 Appuis	2 Appuis
Grande portée	L' 31	L' 21
Petite portée	L' 32	L' 22

La grande portée est généralement celle correspondant à une charge à l'essai, supérieure ou égale à  $40 \text{ daN/m}^2$  pour une flèche  $L/200$  et/ou supérieure ou égale à  $80 \text{ daN/m}^2$  à la ruine, compte tenu du poids du système de transmission des charges.

La petite portée est choisie pour une charge de ruine supérieure ou égale à 280 daN/m<sup>2</sup>.

## E.4. Interprétation des résultats des essais

### E.4.1. Résultats des essais

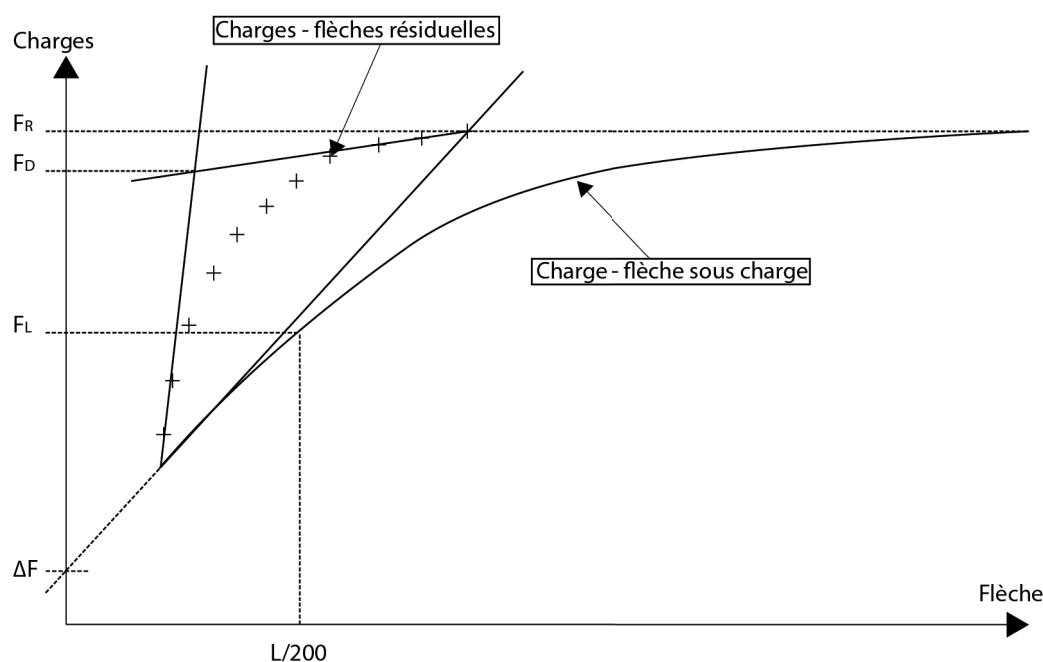
#### E.4.1.1. Correction des graphiques charge / flèche

Le bombement éventuel des éléments avant mise en charge peut introduire un décalage des graphiques charge-déformation par rapport à l'origine des coordonnées (charges en ordonnées, flèches en abscisses).

La correction est effectuée en prenant, pour origine réelle des charges, l'intersection de la droite représentative de la variation des flèches avec l'axe des ordonnées. Il est aussi nécessaire de corriger l'origine du graphique du poids propre de la maquette (Figure E1).

Le tracé des déformations permanentes est effectué comme indiqué à la (Figure E1) ci-dessous.

Le tracé des déformations permanentes est effectué selon la NF P 34 503 suivant la (Figure E1).



$F_R$  : charge brute de ruine.

$F_D$  : charge brute de déformation permanente obtenue par la méthode de la tangente conformément à la norme NF P 34-503.

$F_L$  : charge brute pour une flèche à mi-travée égale au 200<sup>ème</sup> de la portée d'essai.

$\Delta F$  : correction de l'axe des charges, en valeur algébrique. Dans l'exemple  $\Delta F$  est négatif.

PP : poids propre de la maquette.

Les charges d'essai sont obtenues par les relations suivantes :

$$U = F_L + \Delta F$$

$$D = F_D + \Delta F + PP, \text{ avec } D \leq R$$

$$R = F_R + PP$$

▲ Figure E.1. Représentation du tracé des déformations permanentes selon la NF P 34 503

### E.4.1.2. Charges

Pour chaque essai réalisé, les charges suivantes sont relevées :

	APPUIS	PORTEE (m)	CHARGES (daN/m <sup>2</sup> )		
			Flèche L/200	Ruine	Déformation permanente
Essai sous charge descendante / pression	3	L 31 L 32	U 31 U 32	R 31 R 32	D 31 D 32
	2	L 21 L 22	U 21 U 22	R 21 R 22	- -
Essai sous charge ascendante/dépression	3	L' 31 L' 32	U' 31 U' 32	R' 31 R' 32	D' 31 D' 32
	2	L' 21 L' 22	U' 21 U' 22	R' 21 R' 22	- -

**Note**

Les poids propres des maquettes (profil+ bois de chargement+ etc.) doivent être inclus aux valeurs des différentes charges.

▲ Tableau E.1. Charges relevées pour chaque essai

### E.4.2. Interprétation des résultats des essais

**Principe :**

A partir des essais, on détermine les valeurs :

Pour les grandes portées :

- des moments d'inertie sous charge répartie descendante et ascendante ;
- des moments de flexion correspondant d'une part, à la ruine en travée des plaques, d'autre part, au critère d'apparition de déformation permanente sur appui intermédiaire.

Pour les petites portées :

- des réactions d'appui maximal (charges en pression) ou des efforts d'arrachement maximaux (charges en dépression) correspondant d'une part, au critère d'apparition de déformation permanente sur appui intermédiaire, d'autre part, à la charge (répartie) maximale notée lors de l'essai.

Ensuite, essai par essai, les valeurs ci-dessus sont corrigées afin de tenir compte notamment des écarts entre épaisseur et limite d'élasticité nominales des tôles.

Les moments d'inertie et les moments de flexion peuvent également être déterminés pour les petites portées et d'éventuelles portées intermédiaires. En l'occurrence, et selon le domaine d'emploi du produit par rapport aux résultats d'essais disponibles, les valeurs de calcul seront déterminées en conséquence (cf. E.4.3).

Enfin, pour chaque cas de chargement, on détermine les valeurs de calcul :

- Des moments d'inertie sous charge répartie en pression et en dépression ;

- Des moments de flexion ; des réactions sur appui en pression ;
- Des efforts d'arrachement aux appuis en dépression.

#### E.4.3. Corrections en fonction des épaisseurs et des limites d'élasticité

Soit :

$t_n$  : épaisseur nominale de la tôle d'acier galvanisée.

$t_e$  : épaisseur moyenne de la tôle d'acier galvanisée mesurée sur chaque maquette.

$f_y$  : limite d'élasticité minimale garantie.

$f_{ye}$  : limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque maquette.

$\gamma_t$	Coefficient ayant les valeurs suivantes selon le type de tolérances sur épaisseur selon les normes P 34-310 ; NF EN 10143: – tolérances décalées (D) : 1,00 – tolérances spéciales (S) : 1,00 – tolérances normales (N) : 0,93
------------	---

On procède essai par essai aux corrections en multipliant les Moments d'Inertie, les moments de flexion et les résistances aux appuis, calculés, par les facteurs ci-dessous :

a) Moments d'Inertie :

$$\beta_I = \gamma_t \times \left( \frac{t_n}{t_e} \right)^\beta$$

Il convient de déterminer l'exposant  $\beta$  à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si  $t_e \leq t_n$  :  $\beta = 1$
- si  $t_e > t_n$  :  $\beta = 2$

b) Moment de flexion sous chargement réparti :

$$\beta_M = \gamma_t \times \left( \frac{t_n}{t_e} \right)^\beta \times \left( \frac{f_y}{f_{ye}} \right)^\alpha$$

Pour les plaques nervurées ou les plateaux pour lesquels les parois comprimées présentent des rapports  $b/t_n$  ( $b$  étant la largeur de référence d'une paroi  $b_b$  ou  $b_t$ ) tels que le flambement local constitue clairement le mode de ruine :  $\alpha = 0,5$ . Dans les autres cas  $\alpha = 1,0$  (ruine par plastification).

Il convient de déterminer l'exposant  $\beta$  à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si  $t_e \leq t_n$  :  $\beta = 1$
- si  $t_e > t_n$  :  $\beta = 2$

**c) Réaction d'appui ou Effort d'arrachement à l'appui :**

$$\beta_R = \gamma_t \times \left( \frac{t_n}{t_e} \right)^\beta \times \left( \frac{f_y}{f_{ye}} \right)^\alpha$$

Pour les plaques nervurées ou les plateaux pour lesquels les parois comprimées présentent des rapports  $b/t_n$  ( $b$  étant la largeur de référence d'une paroi  $b_b$  ou  $b_t$ ) tels que le flambement local constitue clairement le mode de ruine :  $\alpha = 0,5$ . Dans les autres cas  $\alpha = 1,0$  (ruine par plastification).

Il convient de déterminer l'exposant  $\beta$  à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si  $t_e \leq t_n$  :  $\beta = 1$
- si  $t_e > t_n$  :  $\beta = 2$

**E.4.4. Corrections du fait du nombre d'essais et de la représentativité de la procédure d'essais**

Afin de tenir compte des incertitudes relatives au nombre d'essais considérés et à la représentativité de la procédure d'essais par rapport aux charges réellement appliquées en pratique, les valeurs des caractéristiques significatives du comportement des plaques ou plateaux sont pondérées par un coefficient  $\gamma_r$  égal à :

**a) Moments d'Inertie :**

- Un seul essai (grande portée) pris en compte :  $\gamma_{rI} = 0,95$ .
- Deux essais au minimum, dont la grande portée, pris en compte :  $\gamma_{rI} = 1,00$ .

**b) Moment de flexion sous chargement réparti :**

Deux essais au minimum (portées différentes pour charges de ruine inférieures à 450 daN/m<sup>2</sup>) pris en compte :  $\gamma_{rM} = 1,0$ .

**c) Réaction d'appui ou Effort d'arrachement à l'appui :**

- Un seul essai (petite portée) pris en compte :  $\gamma_{rR} = 0,95$ .
- Deux essais au minimum (pour charges de ruine supérieures ou égales à 280 daN/m<sup>2</sup>) pris en compte :  $\gamma_{rR} = 1,0$ .

**E.4.5. Valeurs de calcul**

Un tableau doit être établi en tenant compte des propriétés les plus faibles mesurées compte tenu de l'influence du sens de pose (pour les plaques nervurées), de la densité des fixations, de la largeur des appuis.

Lorsque ces données sont différentes des conditions minimales requises par la norme NF P 34-503, la mention précise des conditions retenues devra accompagner l'édition du présent tableau et/ou celle du tableau des charges et portées limites utiles. Au besoin, des tableaux plus complets pourront être publiés [Annexe N].



### E.4.5.1. Action des charges réparties en pression

#### a) Moments d'Inertie conventionnels :

A partir des essais sur deux ou trois appuis sous charge descendante, on détermine les moments d'inertie conventionnels suivants :

- Travée simple :

$$I_2 = \gamma_{r12} \times \frac{5}{384} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{12i} \times \frac{U_{2i} \times L_{2i}^4}{f_{2i}}$$

Avec :

- E : module d'Young = 210 GPa;
- U<sub>i</sub> : charge (daN/m<sup>2</sup>);
- L<sub>i</sub> : portée (m);
- f<sub>i</sub> : flèche pour la charge U<sub>i</sub> à la portée L<sub>i</sub> (m);
- n : nombre d'essais pris en compte.
- Travée double :

$$I_3 = \gamma_{r13} \times \frac{1}{192} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{13i} \times \frac{U_{3i} \times L_{3i}^4}{f_{3i}}$$

- Autres cas de continuité :

$$I_m = \frac{I_2 + I_3}{2}$$

#### b) Moments de flexion conventionnels :

A partir des essais sur deux ou trois appuis sous charge descendante, on détermine les moments de flexion conventionnels suivants :

$$M_{2T} = \gamma_{rM2} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M2i} \times \frac{R_{2i} \times L_{2i}^2}{8}$$

$$M_{3A} = \gamma_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M3i} \times \frac{D_{3i} \times L_{3i}^2}{8}$$

$$M_{3T} = \gamma_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M3i} \times \frac{R_{3i} \times L_{3i}^2}{8}$$

#### Note

Le moment fléchissant M<sub>agissant</sub> peut être calculé au bord de l'appui.

Dans le cas de fonctionnement en système plateau + écarteurs + plaques extérieures, la véritable distribution de moment fléchissant dans les plateaux et plaques peut être considérée.



### c) Réaction d'appui maximale conventionnelle :

A partir de l'essai sur trois appuis (petite portée) sous charge descendante, on détermine les réactions d'appui maximal conventionnelles suivantes :

$$R_D = \gamma_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{R3i} \times D_{3i} \times L_{3i}$$

$$R_R = \gamma_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{R3i} \times R_{3i} \times L_{3i}$$

$$R = \text{minimum } [R_D ; 0,80 \times R_R]$$

Ces valeurs de résistance des plaques ou des plateaux sur appui sont conventionnelles car pour obtenir des valeurs réellement significatives il faudrait faire les essais avec des portées excessivement courtes souvent sans rapport avec le domaine d'emploi courant (pressions sous vent normal pratiquement inférieures ou égales à 200 daN/m²).

#### E.4.5.2. Action des charges réparties en dépression

Les dispositions qui suivent sont données pour un mode de pose et pour un mode et un nombre de fixations déterminés.

Dans ce qui suit les  $\gamma'$  sont égaux aux  $\gamma$ .

#### a) Moments d'inertie conventionnels :

A partir des essais sur 2 ou 3 appuis sous charge ascendante, on détermine les moments d'inertie conventionnels suivants :

- Travée simple :

$$I'_2 = \gamma'_{rI2} \times \frac{5}{384} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{I2i} \times \frac{U'_{2i} \times L'^4_{2i}}{f'_{2i}}$$

- Travée double :

$$I'_3 = \gamma'_{rI3} \times \frac{1}{192} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{I3i} \times \frac{U'_{3i} \times L'^4_{3i}}{f'_{3i}}$$

- Autres cas de continuité :

$$I'_m = \frac{I'_2 + I'_3}{2}$$

## b) Moments de flexion conventionnels :

A partir des essais sur deux ou trois appuis sous charge descendante, on détermine les moments de flexion conventionnels suivants :

$$M'_{2T} = \gamma'_{rM2} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M2i} \times \frac{R'_{2i} \times L'^2_{2i}}{8}$$

$$M'_{3A} = \gamma'_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M3i} \times \frac{D'_{3i} \times L'^2_{3i}}{8}$$

$$M'_{3T} = \gamma'_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M3i} \times \frac{R'_{3i} \times L'^2_{3i}}{8}$$

### Note 1

Dans le cas de fonctionnement en système plateau + écarteurs + plaques extérieures, la véritable distribution de moment fléchissant dans les plateaux et plaques peut être considérée.

## c) Efforts d'arrachement conventionnels :

A partir de l'essai sur trois appuis (petite portée), on détermine les efforts d'arrachement conventionnels suivants :

$$S_D = \gamma'_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times D'_{3i} \times L'_{3i}$$

$$S_R = \gamma'_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times R'_{3i} \times L'_{3i}$$

$$S_a = \text{minimum} [S_D ; 0,80 \times S_R]$$

Ces valeurs de résistance aux efforts d'arrachement aux appuis sont conventionnelles car pour obtenir des valeurs réellement significatives, il faudrait faire les essais avec des portées excessivement courtes souvent sans rapport avec le domaine d'emploi courant (dépressions sous vent normal inférieures ou égales à 200 daN/m<sup>2</sup>).

Cependant, la vérification de ces efforts conventionnels, telle que prévue aux paragraphes E.4.5.1.b et E.4.5.2.b pour les moments résistants, permet de faire les extrapolations à des charges supérieures à 200 daN/m<sup>2</sup> tout en assurant un niveau de sécurité convenable.

Dans le cas de rupture des assemblages, la valeur de  $S_a$  sera déterminée en remplaçant dans la formule le coefficient 0,80 par 0,50.

## d) Influence du nombre de nervures fixées (plaques nervurées) :

Les hypothèses suivantes sont considérées :

- Pose avec nervures saillantes :

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en sommet de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui.



- Pose avec plages saillantes :

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en fond de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui.

Des essais spécifiques peuvent être exécutés avec un nombre réduit de fixations sur appui intermédiaire sachant que le minimum est d'une fixation à chaque rive et une troisième fixation au droit d'une nervure principale intermédiaire.

En l'absence d'essais spécifiques pour les cas où toutes les nervures ne sont pas fixées sur appui intermédiaire, les valeurs de calcul seront déterminées en multipliant toutes les valeurs  $l'_3$ ,  $l'_m$ ,  $M'_{2T}$ ,  $M'_{3T}$ ,  $M'_{3A}$  et  $S_a$  utilisées pour les calculs en continuité par  $\frac{n-}{n+}$ .

Avec :

$n^+$  : nombre de nervures principales par largeur de plaque (chaque nervure de rive compte pour  $\frac{1}{2}$ ).

$n^-$  : nombre de nervures principales fixées par largeur de plaque (chaque nervure de rive compte pour  $\frac{1}{2}$ ).

## Note 2

Pour les calculs en continuité avec fixation réduite,  $M'_{2T}$  sera systématiquement corrigé.

## E.5. Interpolations, extrapolations et cas particuliers

### E.5.1. Epaisseur et limite d'élasticité

Les valeurs obtenues par le calcul sont interpolables linéairement entre chaque épaisseur nominale testée.

Les valeurs obtenues par le calcul sont extrapolables :

- pour les épaisseurs nominales supérieures : par simple proportionnalité du rapport des épaisseurs nominales ;
- pour les épaisseurs nominales inférieures : par simple proportionnalité du rapport des épaisseurs nominales mais dans la limite d'une épaisseur réduite d'au plus 10% par rapport à l'épaisseur nominale testée considérée et à condition que la limite d'élasticité minimale soit accrue dans le même rapport ;
- pour les limites d'élasticité : si  $f_y$  est supérieure à  $1,05 \times f_{ye}$ , alors le traitement des essais s'effectue avec  $f_y = 1,05 \times f_{ye}$ .

### E.5.2. Critère de flèche

Les moments d'inertie restent valables pour des critères de flèche plus sévères.

### **E.5.3. Influence des dispositions de pose et de fixation**

#### **a) Valeurs de calcul pour pose avec plages saillantes :**

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en fond de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui. Ces valeurs de calcul sont uniquement valables pour ce type de pose.

#### **b) Valeurs de calcul pour pose avec nervures saillantes :**

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en sommet de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui.

Les valeurs de calculs sont considérées valables y compris si les fixations sont disposées en plage à condition que le nombre de nervures effectivement fixées soit identique, étant entendu que dans tous les cas, les fixations et les assemblages sont vérifiés par ailleurs.

#### **c) Plaques nervurées en pose indifférenciée :**

Lorsque les documentations techniques ne mentionnent pas de sens de pose, il est permis de ne pas exécuter le programme d'essai complet dans chaque cas à condition de disposer au moins pour chaque sens de pose et dans les deux sens de chargement, des résultats des essais avec trois appuis pour les mêmes valeurs de grande et de petite portée, en une seule épaisseur nominale inférieure ou égale à 0,75 mm. Les valeurs de calcul retenues doivent correspondre au sens donnant les valeurs les plus faibles.

Pour l'évaluation du sens le plus faible en cas de travée simple, l'analyse ne portera que sur l'examen des valeurs des moments d'inertie et des moments de flexion limites en travée.

Pour les plateaux, la densité et la répartition des fixations sont définies dans la norme NF P 34-503. Ces dispositions déterminent les valeurs de calcul pour une utilisation des plateaux disposés de bardage double peau à trame croisée avec la peau extérieure fixée aux plateaux selon les dispositions des présentes Recommandations Professionnelles.

Les valeurs de calcul sont utilisables en pose de bardage double peau à trame parallèle à condition que les ossatures intermédiaires reliant les deux peaux soient continues et fixées à chaque emboîtement des plateaux et que ces ossatures soient disposées en travée de plateau à raison d'au moins deux rangs par travée, espacés d'au plus 2,00 m.

### **E.5.4. Largeur d'appui**

Les valeurs de calcul sont valables pour les largeurs qui respectent les valeurs minimales d'appui définies.

Pour des largeurs d'appui supérieures à 60 mm pour les plaques et 80 mm pour les plateaux, les vérifications peuvent être effectuées en considérant pour les charges de pression, les valeurs de portée aux nus d'appuis déterminées en retranchant aux portées indiquées dans

les tableaux respectivement 60 mm pour les plaques et 80 mm pour les plateaux, sans dépasser une valeur de 300 mm.

#### **E.5.5. Plaques ou plateaux à parois perforées ou crevées**

Les valeurs de calcul des plaques ou des plateaux comportant des parois perforées ou crevées, peuvent être déterminées par extrapolation des valeurs de calcul définies pour les produits à parois pleines en comparant les valeurs issues des essais pour les mêmes valeurs de grande et de petite portée. Si on ne teste qu'une épaisseur, il s'agit du 0,75 mm.

Les coefficients obtenus seront également appliqués pour définir les valeurs de calcul utilisées en travée simple.

Cette démarche est à appliquer tant en pression qu'en dépression.

#### **E.5.6. Rapports d'essai antérieurs à la présente procédure**

Ce paragraphe concerne les procès-verbaux antérieurs à la présente procédure.

##### **E.5.6.1. Largeurs d'appui**

Les largeurs d'appui utilisées, si elles sont supérieures à 60 mm pour les plaques et 80 mm pour les plateaux, sont mentionnées dans la fiche technique.

##### **E.5.6.2. Procès-verbaux avec D.P. et ruine sur une seule portée, par type d'essai**

Le calcul du moment de flexion s'effectue selon E.4.5.1.b et E.4.5.2.b avec 1 essai et  $\gamma_{rM} = 0,95$ .

La réaction d'appui se calcule selon E.4.5.1.c et E.4.5.2.c avec un essai et  $\gamma_{rR} = 0,95$ .

On prend une valeur de DP ( $D_{3i} = U_{3i}$  et  $D'_{3i} = U'_{3i}$  si l'essai ne permet pas de déterminer de DP) égale à la valeur de charge correspondant au critère de flèche 1/200 dans la mesure où cette déformation est dans la partie élastique de la courbe :

$$R_R = R_D = \gamma'_{rR} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times U_{3i'} \times L_{3i'}$$

$$\text{dito } S_R = S_D$$

##### **E.5.6.3. Rôle des fixations sur appuis pour les charges descendantes pour les plaques nervurées**

En usage bardage, **pour les plaques nervurées**, les deux sens de pose devront être examinés mais des essais réduits de corrélation sont admis.

A défaut d'essais conformes, les anciens rapports d'essais (Règles professionnelles pour la fabrication et la mise en œuvre des bardages



métalliques – 2<sup>e</sup> édition (1981)), pourront être réexploités en appliquant une pondération des essais sous pression actuels comme suit :

	Si PV en Fixation Réduite		Si PV en Fixation Renforcée (complète)	
	2 Appuis	3 Appuis	2 Appuis	3 Appuis
Moment d'inertie	0,85	0,95	0,70	0,90
Moment de flexion	0,85	0,95	0,80	0,90

▲ Tableau E.2. Pondération des essais sous pression actuels

#### E.5.6.4. Distance de couturage

La distance de couturage entre les plateaux doit être mentionnée dans la fiche technique, si elle est inférieure à 1 m.

Le tableau de charges/portées est établi conformément à l'[Annexe N].

#### E.5.7. Supervision des essais

Les essais mécaniques sont supervisés par une tierce partie indépendante compétente en éléments minces en acier.



## ANNEXE F – CARACTÉRISTIQUES DES FIXATIONS ET DE LEURS ACCESSOIRES

### F.1. Principe

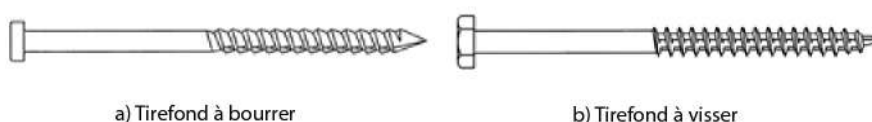
Les systèmes de fixation doivent être choisis de façon à permettre une tenue à la corrosion du bardage égale ou supérieure à celle des éléments qu'ils assemblent. Ils doivent être compatibles avec les matériaux utilisés pour la fabrication de ces éléments.

Les fixations doivent être :

- en matériau inoxydable ou protégées contre la corrosion, conçue de manière qu'aucun couple électrolytique incompatible ne puisse prendre naissance entre les éléments à assembler (fixation, bardage, ossature) ;
- choisie en fonction de l'élément à maintenir (conception géométrique de la fixation afin d'éviter le déboutonnage du bardage) ;
- munies d'un dispositif d'étanchéité ou être étanches par elles-mêmes de façon à assurer l'étanchéité de l'assemblage de la peau extérieure (voir Annexe F.4).

La présente annexe s'applique à la pose des fixations en creux d'onde. Pour la pose en sommet d'onde, les fixations doivent être conformes à la NF P 34-205-1 (DTU 40.35).

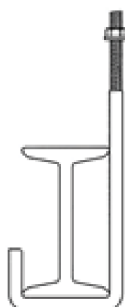
### F.2. Systèmes de fixation



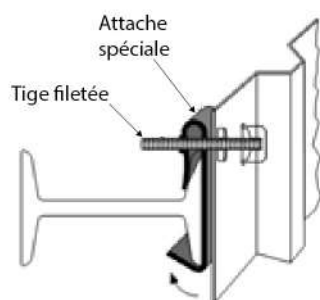
▲ Figure F.1. Exemples de tirefonds



▲ Figure F.2. Exemples de vis



▲ Figure F.3. Exemple de boulon-crochet



▲ Figure F4. Attache spéciale



▲ Figure F5. Exemple de vis à tête plastique à lèvres souples



▲ Figure F6. Exemples de rondelles d'étanchéité

Nature des matières et revêtement (a)	Type de fixation	Atmosphère extérieure								Mixte	Particulière
		Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine						
			Normale	Sévère	10 km à 20 km	3 km à 10 km	Bord de mer < 3 km	Front de mer			
Galvanisé à chaud en continu tZn 150g/m² minimum avec surprotection partie filetée et cisaillée	●Boulon-crochet ●Attache spéciale	■	■	○	■	■	X	X	X	○	
Galvanisation à chaud au trempé tZn 450g/m² minimum	●Tirefond à bourrer ●Tirefond à visser	■	■	○	■	■	X	X	X	○	
Acier de cémentation protégé 12 cycles Kesternich mini	●Vis	■	■	○	■	■	○	X	○	○	
Acier inoxydable austénitique A2 minimum	●Tirefond à bourrer ●Tirefond à visser ●Boulon-crochet ●Vis ●Attache spéciale	■	■	○	■	■	■	○	○	○	
■ Matériau adapté à l'exposition ○ Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant de fixation X Matériau non adapté (a) Les nuances des matières spécifiées dans ce tableau sont des nuances de caractéristiques minimales (mécanique et corrosion). Le choix des matières et revêtements des fixations doit être impérativement lié aux caractéristiques des fixations données dans les tableaux F.2 à F.6 du présent document. <u>Note 1 :</u> Dans le cas d'une ambiance intérieure agressive directe, matière et revêtement sont à adapter après consultation et accord du fabricant de fixation. <u>Note 2 :</u> Les matières et revêtements des accessoires doivent être choisis en relation avec ceux des fixations utilisées et en accord avec les prescriptions du fabricant de fixation.											

▲ **Tableau F1 :** Choix des matières et des revêtements anti-corrosion des fixations en fonction des atmosphères extérieures pour la fixation des peaux extérieures



Support	Fixation	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Ossature et Ossature rapportées bois	Tirefond à bourrer	Tige et tête de tirefond	Diamètre extérieur minimal de filetage : 6 mm.  Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 40 mm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Acier C8C selon NF EN 10263-2</li> </ul> Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450 g/m <sup>2</sup> au minimum.
	Tirefond à visser	Tige de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 6 mm.  Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 30 mm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3.</li> </ul> Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
	Vis autoperceuse à bois	Tête de vis	La zone d'appui rigide est constituée (3) : - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre $\geq 14$ mm, - Soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de diamètre $\geq 14$ mm (4). - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre $\geq 14$ mm, munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1.</li> <li>Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3.</li> </ul> Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge), avec en plus : - surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV (5), ou - moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.
	Vis autotar-audeuse à bois	Rondelle d'étanchéité	Épaisseur minimale : 2 mm.  Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.  Diamètre extérieur $\geq 10$ mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF ISO 48
Ossature et ossature rapportées en acier ou écarteur	Boulon-crochet	Tige filetée  Crochet  Etrier	Diamètre extérieur minimal de filetage : 7 mm.  Longueur du crochet en fonction de la tôle et du support à assembler.  Crochet et étrier de forme adaptée au support.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Acier de limite élastique minimale de 500 N/mm<sup>2</sup>.</li> </ul> Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 150 g/m <sup>2</sup> au minimum, avec surprotection du filetage et des extrémités (peinture riche en zinc).



		Ecrou	Normal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-2 à 4.</li> <li>Acier (C8C) selon NF EN 10263-2</li> </ul> Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450 g/m <sup>2</sup> au minimum
		Rondelle	Voir tableau F.4	
	Vis autoperceuse	Tige de vis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vis autoperceuse: Diamètre extérieur minimal de filetage : - 4,8 mm pour pose sur support d'épaisseur <math>\geq 0,75</math> mm et <math>\leq 2</math> mm, - 5,5 mm pour pose sur support d'épaisseur <math>&gt; 2</math> mm.</li> <li>Longueur telle que les filets de la vis dépassent sous le support après pose</li> <li>Vis autotaraudeuse: Diamètre extérieur minimal de filetage : 6,3 mm.</li> <li>Longueur telle que le dépassement sous le support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3.</li> </ul> Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
		Tête de vis	La zone d'appui rigide est constituée (3) : - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre $\geq 14$ mm, - Soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de diamètre $\geq 14$ mm (4). - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre $\geq 14$ mm, munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li> <li>Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1.</li> <li>Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3.</li> </ul> Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge), avec en plus : - surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV (5), ou - moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NFEN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.
		Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm  Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de la tige (partie lisse) de la fixation.  Diamètre extérieur $\geq 10$ mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF ISO 48
	(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales. (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations. (3) Pour les plaques d'éclaircissement, le diamètre minimal de la zone d'appui rigide est de 19 mm. (4) Les dimensions et caractéristiques ainsi que les matériaux et protection contre la corrosion sont données au tableau F.4. (5) La résistance aux UV est donnée par la présence au minimum d'un stabilisant anti-UV.			

▲ Tableau F.2a : Caractéristiques des fixations des peaux extérieures

Support	Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Ossature et ossature rapportées en acier ou écarteur	Attache spéciale	Tige filetée	Diamètre extérieur minimal de filetage : 7 mm.  Longueur du crochet en fonction de la tôle et du support à assembler.	<ul style="list-style-type: none"><li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.</li><li>Acier de limite élastique minimale de 500 N/mm<sup>2</sup>. Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 150 g/m<sup>2</sup> au minimum, avec surprotection du filetage et des extrémités (peinture riche en zinc).</li></ul>
		Attache spéciale	Spécifique à chaque type. A rabattre. Largeur minimale : 28 mm Epaisseur minimale : -1,5 mm pour les ailes ≤ 65 mm -2,0 mm pour les ailes > 65 mm.	<ul style="list-style-type: none"><li>Acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.</li><li>Acier galvanisé (Z275) selon NF EN 10142</li></ul>
		Ecrou	Borgne.	<ul style="list-style-type: none"><li>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-2 à 4.</li><li>Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1</li></ul>
		Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm  Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de la tige (partie lisse) de la fixation.  Diamètre extérieur ≥ 10 mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF ISO 48

(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

▲ Tableau F.2b : Caractéristiques des fixations des peaux extérieures – Attache spéciale

Structure porteuse	Fixation	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Bois	Vis autoperceuse à bois	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 6,3 mm.	●Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.  ●Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
	Vis autotaraudeuse à bois		Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm.  Collerette sous tête : - Diamètre extérieur minimal : 15 mm, - Epaisseur minimum 1,5 mm sur diamètre moyen.	
Acier ou béton avec insert	Vis autoperceuse	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 5,5 mm.	●Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.  ●Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
	Vis autotaraudeuse		Collerette sous tête : - Diamètre extérieur minimal : 15 mm, - Epaisseur minimum 1,5 mm sur diamètre moyen.	
	Clou à scellement : selon avis technique.			

(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

▲ Tableau F.3 : Caractéristiques des vis utilisées en bardage pour la fixation des plateaux de bardages

Type	Elément	Dimensions	Matériaux (1)
Rondelle d'appui (2) + Rondelle d'étanchéité	Rondelle d'appui plate ou conique	Epaisseur minimale : - Acier : 0,75 mm, - Alliage d'aluminium : 1,0 mm. Diamètre extérieur minimal : 14 mm.	● Acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2. ● Alliage d'aluminium (3003) selon NF EN 546-1. ● Acier galvanisé prélaqué selon XP P 34-301. ● Acier galvanisé (Z350) selon NF EN 10142.
	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2 mm. Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur minimal : 12 mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF T 46-003.
Rondelle vulcanisée monobloc (2)  (étanchéité rendue solidaire par vulcanisation sur une rondelle d'appui conique)	Rondelle d'appui conique	Epaisseur minimale : - Acier : 0,75 mm, - Alliage d'aluminium : 1,0 mm. Diamètre extérieur minimal : 14 mm.	● Acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2. ● Alliage d'aluminium (3003) selon NF EN 546-1. ● Acier galvanisé (Z350) selon NF EN 10142.
	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2 mm. Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur minimal : 12 mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF T 46-003.
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales. (2) Pour les plaques d'éclaircissement, le diamètre minimal de la rondelle d'appui est de 19 mm.			

▲ **Tableau F.4 : Accessoires pour tirefonds et boulons crochet en peau extérieure**



Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Vis auto-perceuse	Tige de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 4,8 mm Longueur minimale 19 mm et :  • Vis autoperceuse avec pointe foret réduite, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous la tôle après pose.  • Vis autotaraudeuse de longueur telle que le dépassement sous le support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis.	• Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1.  • Acier de cémentation selon NF EN 10084. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
	Tête de vis	La zone d'appui rigide est constituée : - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre $\geq 14$ mm, - Soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de diamètre $\geq 14$ mm (3), - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre $\geq 14$ mm, munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.	• Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1.  • Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1.  • Acier de cémentation selon NF EN 10084. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge), avec en plus : - Surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV, ou - moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NFEN 1774 et NF EN 12844, ou - Sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X9CrNi18-8) selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité	Épaisseur minimale : 2 mm. Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur $\geq 8$ mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF T 46-003.
Rivet étanche	Corps du rivet	Diamètre minimal du corps : 4,8 mm. Diamètre minimal de la tête : 8 mm. Épaisseur de la tête : 1,2 mm. Longueur minimale du rivet : 12 mm.	Corps en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1.
	Mandrin	—	• Pour les tôles en acier : mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575.  • Pour les tôles en aluminium : - Mandrin en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1, ou - Mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575.
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales. (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations. (3) Les dimensions et caractéristiques ainsi que les matériaux et protection contre la corrosion sont données au tableau F.4.			

▲ Tableau F.5 : Fixations de couture de peau extérieure

Ecarteur	Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Acier	Vis auto-perceuse	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 5,5 mm.  Résistance caractéristique à l'arrachement selon NF P 30-310 : $P_k \geq 150$ daN	• Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1.  • Acier de cémentation selon NF EN 10084.  Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion $\geq 12$ cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO <sub>2</sub> sans apparition de rouille rouge).
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales. (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.				

▲ Tableau F.6 : Caractéristiques des vis utilisées pour la pose des écarteurs sur les lèvres des plateaux

Accessoire d'appui	Peaux extérieure en appui sur l'écarteur			Sollicitation maximale de déboutonnage (N) sous vent normal NV 65 modifiées 2009	Sollicitation maximale de déboutonnage (N) à l'ELU au sens de l'Eurocode 1 partie 1.4	Pk mini au déboutonnage (N) (1)
	Nature	Limite d'élasticité (N/mm²)	Epaisseur nominale (mm)			
Rondelle ou collerette métallique diamètre 14 mm	Acier	≥ S280GD (fu 360MPa)	0,63	900	1 575	2 127
			0,75	1 300	2 275	3 072
			0,88	1 600	2 800	3 780
			1,00	1 900	3 325	4 490
(1) Le calcul des résistances caractéristiques Pk mini intègre un coefficient gamma m égal à 1,35. Pk est obtenu par essais suivant la NF P30-314. Le nombre de vis par m² considéré pour ce calcul est : xx vis/m²						

▲ **Tableau F.7** : Sollicitations maximales compte tenu de la résistance au déboutonnage des assemblages

## Cas de l'existant

Des essais d'arrachement sont effectués sur les supports existants en vue d'établir :

- la valeur de  $P_k$  en s'inspirant de l'annexe 4 du cahier CSTB 3563 de juin 2006 lorsqu'il s'agit de fixer une nouvelle peau sur les lèvres des plateaux existants ;
- la valeur de calcul à l'ELU des chevilles servant à ancrer l'ossature support de bardage rapporté selon le cahier CSTB 1661-V2.

Voir également le paragraphe 8.2.4 du présent document sur les dispositions à prendre vis-à-vis de l'existant.

## ANNEXE G – CHOIX DES REVÊTEMENTS

### G.1. Choix des revêtements

#### G.1.1. Revêtements métalliques

Pour les tôles d'acier avec revêtement métallique on trouve ci-après (tableaux G.1 et G.2) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Le guide d'application GA A 36-335 permet d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées établies selon la norme NF EN 10346 et les catégories de performances établies dans la norme P 34-310.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, la peau intérieure et/ou la face envers des plateaux perforés devra être prévue avec un revêtement identique à la peau extérieure.

Métallique	Atmosphère extérieure								
	Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z350	■	○	—	○	—	—	—	—	—
Z450 (a)	■	■	○	■	○	○	○	-	○
AZ185 (*)	■	■	○	■	■	■	○	-	○
ZA255	■	■	○	■	■	■	○	-	○
AL230	■	■	○	■	○	○	○	-	○
ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	-	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur le site du fabricant

(\*\*) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

■ Revêtement adapté

— Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

(a) produit non courant, disponible sur demande et sur la base d'une grande 'quantité'

▲ **Tableau G.1** : Choix des revêtements de la face extérieure de la peau extérieure de bardage

Métallique	Ambiance intérieure du bâtiment	
	Ambiances saines (non agressive)	
	Hygrométrie Faible	Hygrométrie moyenne
Z180	■	○
Z200	■	○
Z225	■	○
Z275	■	■
AZ185 (*)	■	■
ZA255	■	■
AL195	■	■
AL230	■	■
ETPM (*)	○	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant

▲ **Tableau G.2** : Choix des revêtements de la face intérieure du plateau (bâtiment fermé)



### G.1.2. Revêtements prélaqués

Pour les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou non, on trouve ci-après (tableaux G.3 et G.4) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Les guides d'application GA A 36-351 et GA A 36-355 permettent d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées prélaquées établies selon la norme NF EN 10169 et les catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, la peau intérieure et/ou la face envers des plateaux perforés devra être prévue avec un revêtement identique à la peau extérieure.

Lorsque la peau extérieure est perforée (mise en œuvre sur mur en maçonnerie enduite par l'extérieur ou en béton et non isolé par l'extérieur ; (cf. 1.2)), le revêtement de la face intérieure est identique à celui de la face extérieure.

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z225 ou AL195 ou ZA 200	III	■	■	○	■	–	–	○	–	○
	IV	■	■	○	■	■	–	○	–	○
	V	■	■	○	■	■	■	○	–	○
	VI	■	■	○	■	■	■	○	■	○
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AZ185	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(\*\*) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

■ Revêtement adapté

— Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ Tableau G.3 : Choix des revêtements de la face extérieure de la peau extérieure



Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	■	—
	II	■	■
Z225	I	■	—
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL230		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(\*\*) Z100 uniquement pour les plateaux

■ Revêtement adapté

— Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ **Tableau G.4 :** Choix des revêtements de la face intérieure des plateaux en bâtiment fermé

## Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z225	I	■	■	○	■	■	—	○	—	○
	IV	■	■	○	■	■	○	○	—	○
AZ185 (*)	VI	■	■	○	■	■	■	○	—	○
ZA255	V	■	■	○	■	■	■	○	—	○
AL230		■	○	-	○	-	-	-	○	○
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	—	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(\*\*) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

■ Revêtement adapté

— Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ **Tableau G.5 :** Choix des revêtements de la face envers des profils de bardages prélaqués en double peau (contact avec la lame d'air)

## Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.



Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	■	-
	II	■	■
Z225	I	■	-
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL230		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux. Disponible sur les sites des fabricants

(\*\*) Z100 uniquement pour les plateaux

■ Revêtement adapté

- Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ **Tableau G.6** : Choix de la face envers des plateaux pleins (côté isolation)

### Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	■	-
	II	■	■
Z225	I	■	-
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL230		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(\*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux. Disponible sur les sites des fabricants

(\*\*) Z100 uniquement pour les plateaux

■ Revêtement adapté

- Revêtement non adapté

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ **Tableau G.7** : Choix de la face envers des plateaux perforés (côté isolation) pour bâtiment fermé

### G.1.3. Cas particulier des écarteurs

Atmosphère extérieure (1)								
Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
	Normale	sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z275 ou AL195	Z275 ou AL195	Z350 ou AL230	Z275 ou AL195	Z350 ou AL230	Z350 ou AL230	Z350 ou AL230	-	○

- Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées
- (1) les écarteurs ne sont pas exposés au ruissellement direct. Dans le cas de tôles perforées sur béton ou maçonneries non isolées par l'extérieur, le revêtement métallique des écarteurs est AL230 ou inox ou prélaqué (revêtement prélaqué identique à celui du parement métallique) cf. tableau G.9

▲ Tableau G.8 : Choix des revêtements pour les écarteurs

### G.1.4. Cas des bardages avec parois multiples

La peau intermédiaire sera en Z275 mini pour les atmosphères rurales non polluées, urbaines normales ou industrielles normales.

Pour les autres cas d'atmosphère, le revêtement sera :

- Côté intérieur, au moins le même que l'envers de bande du plateau.
- Côté extérieur, au moins le même que l'envers de bande de la peau extérieure.

### G.1.5. Cas des bardages en inox

Toutes les ambiances intérieures sont admises pour les nuances X5CrNi 18-10 et X2CrNiMo 17-12-2.

Pour les atmosphères extérieures, le tableau suivant s'applique.

Type d'acier inoxydable	Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km)	Mixte	Fort U.V	Particulières
X5CrNi 18-10	■	○	-	○	-	-	-	-	-
X2CrNiMo 17-12-2	■	■	○	■	■	○	○	○	○

- Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

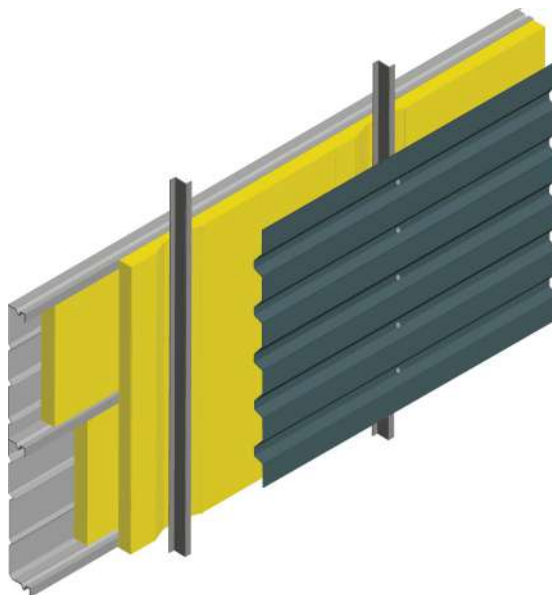
▲ Tableau G.9 : Choix des revêtements pour l'inox

## G.2. Aspect

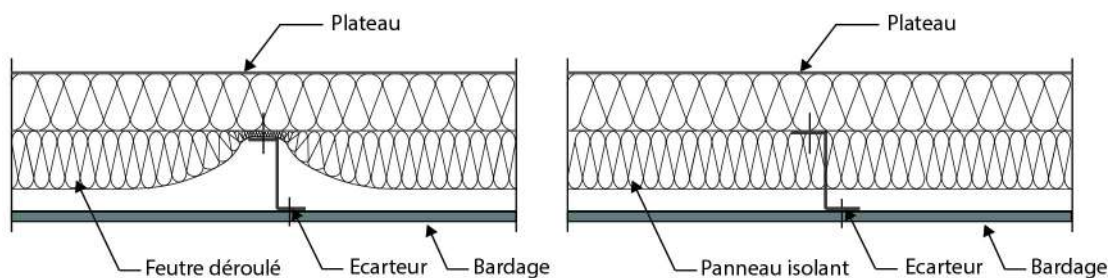
L'apparition d'efflorescences (rouille blanche), sur des tôles non prélaquées, due à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydraté, hydrocarbonate de zinc ou oxychlorure de zinc n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques et/ou la durabilité des profils.

## ANNEXE H – EXEMPLES DE DISPOSITIONS TECHNOLOGIQUES POUR LES BARDAGES DOUBLE PEAU AVEC ÉCARTEURS

### Bardage double peau – Pose horizontale

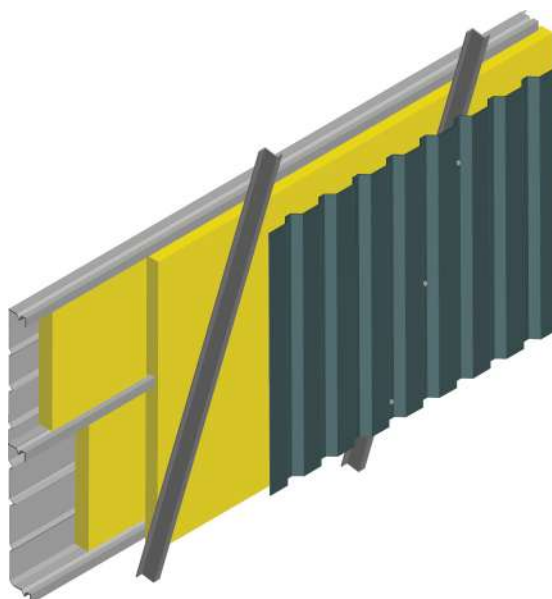


▲ Figure H.1. Perspective type d'un bardage double peau à nervures horizontales



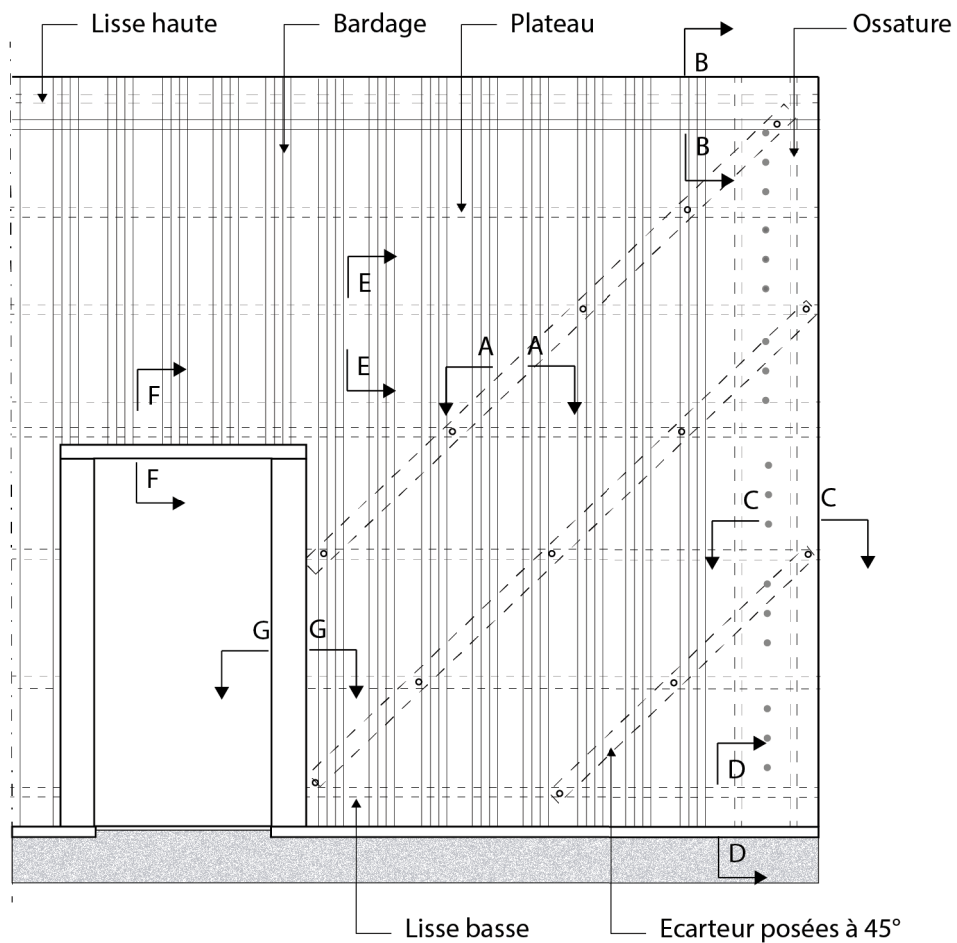
▲ Figure H.2. Coupes types d'un bardage double peau à nervures horizontales

### Bardage double peau – Pose verticale

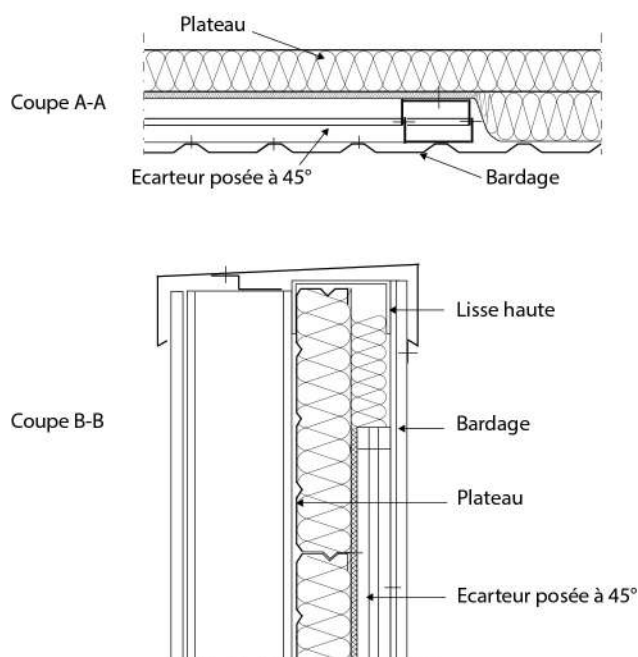


▲ Figure H.3. Perspective d'un bardage double peau à nervures verticales et écarteurs biais

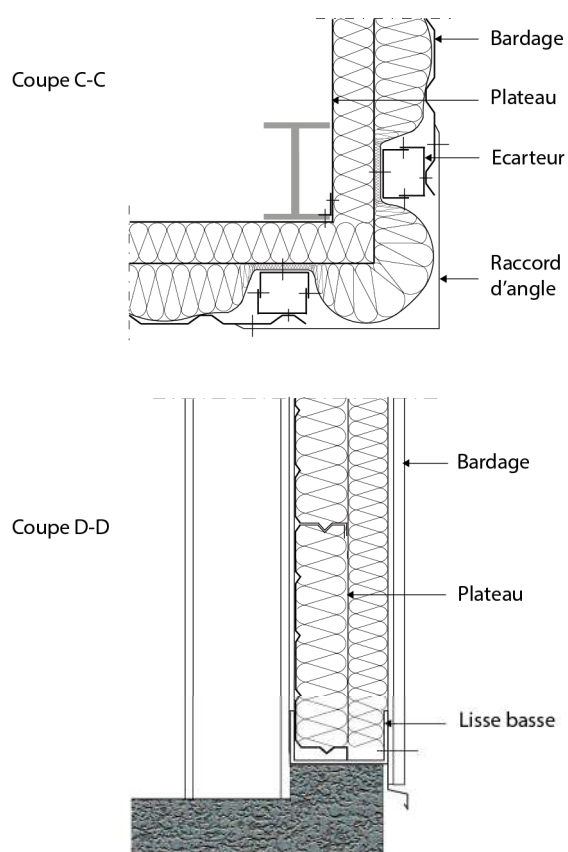
- Peau intérieure : Plateau de bardage
- Peau extérieure : Bardage nervuré pose verticale
- Ecarteurs posés à 45°



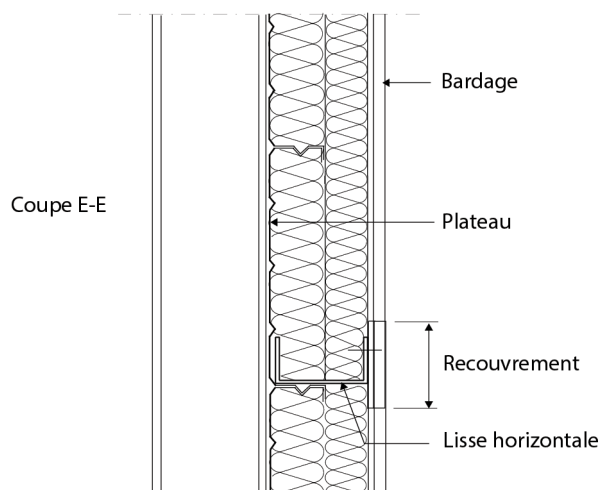
▲ Figure H.4. Elévation et coupe type d'un bardage double peau à nervures verticales



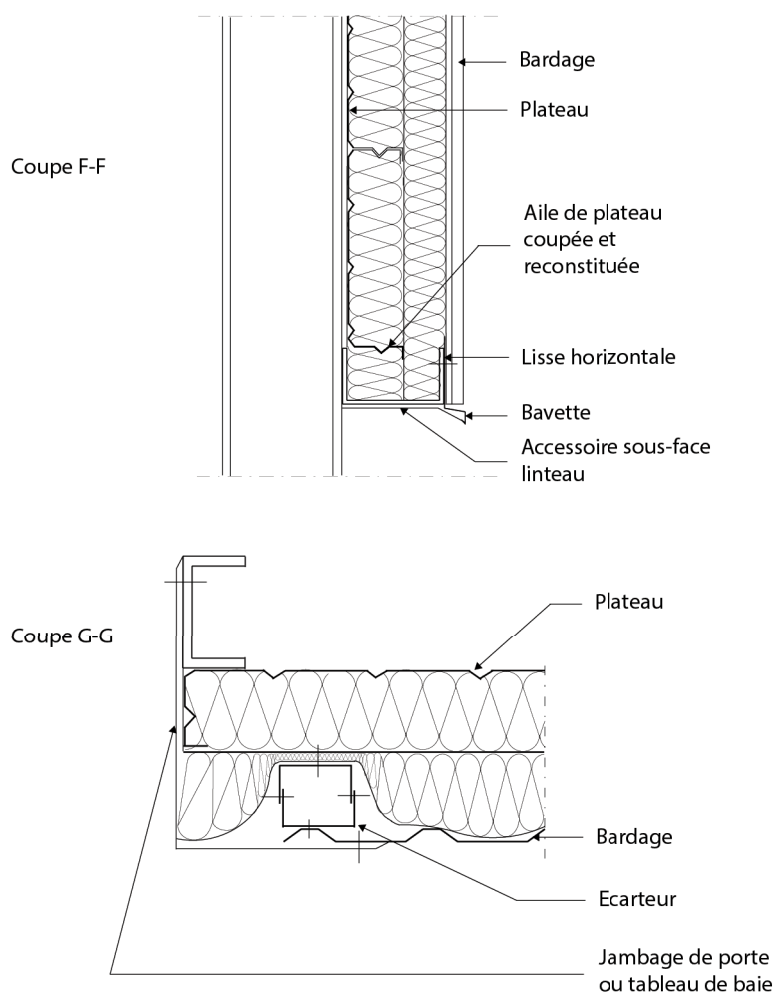
▲ Figure H.5. Coupes au droit d'un bardage double peau (A-A) et au niveau de l'acrotère (B-B)



▲ Figure H.6. Coupes au droit d'un angle de bardage double peau (C-C) et au niveau du pied de bardage (D-D)



▲ Figure H.7. Coupe type au droit d'un recouvrement de bardage double peau



▲ Figure H.8. Coupes types au droit d'un linteau (F-F) de bardage double peau (G-G)

## ANNEXE I – PERFORMANCES THERMIQUES DE BARDAGES DOUBLE PEAU (COEFFICIENT $U_p$ )

### I.1. Méthode de calcul

Le coefficient  $U_p$  d'une paroi se calcule en fonction du coefficient surfacique en partie courante  $U_c$  et des coefficients linéiques et ponctuels des ponts thermiques intégrés à la paroi, selon la formule suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U \quad (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (\text{I.1})$$

Avec :

$U_c$  : coefficient de transmission surfacique en partie courante de la paroi (sans ponts thermiques intégrés).  $U_c$  correspond à l'inverse de la somme des résistances thermiques des différentes couches de la paroi auquel on ajoute les résistances superficielles intérieure et extérieure.

$$U_c = \frac{1}{\sum_i R_i + (R_{se} + R_{si})} \quad (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (\text{I.2})$$

$R_{si}$  : résistance superficielle côté intérieur de la paroi ( $0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ ) ;

$R_{se}$  : résistance superficielle côté extérieur de la paroi ( $0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ ) ;

$e_i$  : épaisseur de la couche de matériau  $i$  de la paroi (m) ;

$\lambda_i$  : conductivité thermique de la couche de matériau  $i$  de la paroi ( $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ ) ;

$R_i = e / \lambda_i$  ;

$\Delta U$  : impact des ponts thermiques intégrés à la paroi ;

$$\Delta U = \frac{\sum_i \Psi_i L_i + \sum_j \chi_j}{A} \quad (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (\text{I.3})$$

$\Psi_i$  : coefficient linéique du pont thermique intégré  $i$  ( $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ ) ;

$L_i$  : linéaire du pont thermique  $i$  (m) ;

$\chi_j$  : coefficient ponctuel du pont thermique intégré  $j$  ( $\text{W} / \text{K}$ ) ;

$A$  : surface totale de la paroi ( $\text{m}^2$ ).



## I.2. Coefficient $U_p$ pour différentes configurations

Les tableaux suivants donnent le  $U_c$ , le  $\Delta U$  ainsi que le coefficient  $U_p$  pour différentes configurations de bardage double peau.

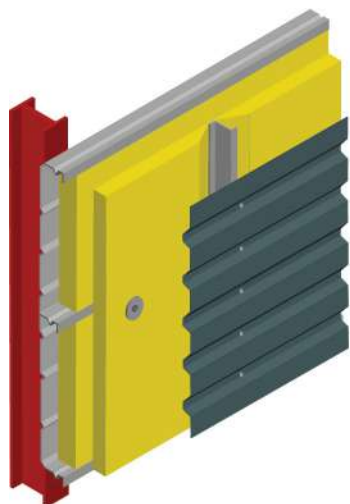
### Hypothèses :

- Lamé d'air non ventilée de 20 mm (cf. 3.7) ;
- Cavité d'air éventuelle au niveau des écarteurs non ventilée ;
- Epaisseur de la tôle (plateaux, plaques nervurées)  $\leq 1$  mm ;
- Tôle nervurée ou ondulée ;
- Ecarteurs Zed : hauteur en fonction de l'épaisseur d'isolant (cf. 8.4.8) et 40 mm de largeur de semelle (cf. 7.2.2) ;
- Ecarteurs Oméga : hauteur en fonction de l'épaisseur d'isolant (cf. 8.4.8) et 40 mm de largeur de semelle (cf. 7.2.2) ;
- Epaisseur des écarteurs : 1,5 mm ;
- Entraxe des écarteurs : entre 1 m et 2 m ;
- Profondeur de plateau : 70 mm et 90 mm ;
- Largeur de plateau : 400 mm, 500 mm et 600 mm ;
- Plateaux perforés ou non ;
- Densité de fixations des écarteurs = nombre de croisements écarteurs – lèvres de plateaux/m<sup>2</sup> (vis de 5,5 mm) ;
- Densité de fixations de l'isolant = 2 fixations/m<sup>2</sup> (vis de 4,8 mm ; (cf. 8.4.8)).

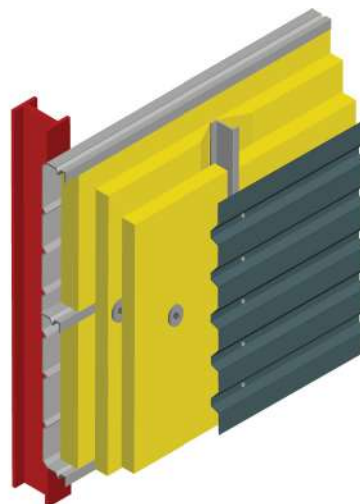


### **Bardage double peau avec plateaux, isolation en deux ou 3 lits et écarteurs Z (verticaux ou biais)**

Au-dessus de 80 mm, l'isolant devant les plateaux est en deux couches. Seule la première couche de l'isolant est pincée (pincement : forfaitairement pris égal à 5 mm).



Isolation en 2 lits



Isolation en 3 lits

Profondeur du plateau h (mm)	Largeur du plateau bu (mm)	Epaisseur isolant devant plateaux (mm)	$\Psi_{\text{lèvre}}$ (W/(m.K))	$\Psi_{\text{écarteur}}$ (W/(m.K))	$\chi_{\text{lév-écart}}$ (W/K)	$\chi_{\text{vis-écart}}$ (W/K)	$\chi_{\text{vis-isolant}}$ (W/K)	$\Delta U$ (W/(m².K))	
								Entraxe des écarteurs (m)	
								1	2
70	400	80	0,021	0,033	0,015	0,021	0,005	0,186	0,124
		140	0,01	0,042	0,014	0,014	0,005	0,147	0,091
		180	0,007	0,047	0,013	0,011	0,004	0,133	0,079
	500	80	0,021	0,033	0,015	0,021	0,005	0,157	0,105
		140	0,01	0,042	0,014	0,014	0,005	0,128	0,079
		180	0,007	0,047	0,013	0,011	0,004	0,117	0,070
	600	80	0,021	0,033	0,015	0,021	0,005	0,138	0,092
		140	0,01	0,042	0,014	0,014	0,005	0,115	0,071
		180	0,007	0,047	0,013	0,011	0,004	0,107	0,063
90	400	80	0,025	0,023	0,015	0,021	0,005	0,186	0,129
		140	0,013	0,033	0,014	0,014	0,005	0,146	0,094
		180	0,009	0,038	0,013	0,011	0,004	0,129	0,080
	500	80	0,025	0,023	0,015	0,021	0,005	0,155	0,108
		140	0,013	0,033	0,014	0,014	0,005	0,125	0,081
		180	0,009	0,038	0,013	0,011	0,004	0,112	0,069
	600	80	0,025	0,023	0,015	0,021	0,005	0,135	0,093
		140	0,013	0,033	0,014	0,014	0,005	0,111	0,072
		180	0,009	0,038	0,013	0,011	0,004	0,101	0,062

Le tableau suivant donne le coefficient  $U_p$  pour une conductivité thermique de l'isolant ( $\lambda$ ) de 0,04 W/(m.K).

Pour d'autres valeurs de  $\lambda$  (entre 0,032 et 0,05 W/(m.K)), le coefficient  $U_p$  peut être calculé avec les formules I.1 et I.2 ainsi que le  $\Delta U$  correspondant à partir du tableau précédent.

Pour un entraxe des écarteurs entre 1 et 2 m, le  $\Delta U$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.



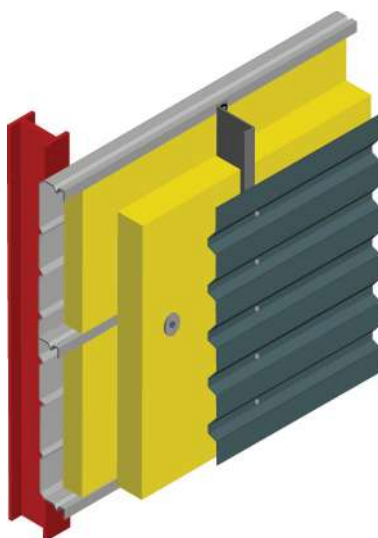
Pour des plateaux de 450 mm de largeur, le  $U_p$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.

Profondeur des plateaux (mm)	Largeur des plateaux (mm)	Épaisseur isolant devant les plateaux (mm)	$U_c$ (W/(m².K))	$U_p$ (W/(m².K))	
				Entraxe des écarteurs (m)	
				1	2
70	400	80	0,249	0,44	0,37
		140	0,181	0,33	0,27
		180	0,153	0,29	0,23
	500	80	0,249	0,41	0,35
		140	0,181	0,31	0,26
		180	0,153	0,27	0,22
	600	80	0,249	0,39	0,34
		140	0,181	0,30	0,25
		180	0,153	0,26	0,22
90	400	80	0,221	0,41	0,35
		140	0,166	0,31	0,26
		180	0,142	0,27	0,22
	500	80	0,221	0,38	0,33
		140	0,166	0,29	0,25
		180	0,142	0,25	0,21
	600	80	0,221	0,36	0,31
		140	0,166	0,28	0,24
		180	0,142	0,24	0,20

## **Bardage double peau avec plateaux, isolation en deux lits et écarteurs Z ou Oméga (verticaux ou biais)**

Aucun pincement de l'isolant derrière les écarteurs. Les écarteurs sont en appui direct sur les lèvres de plateaux. L'isolant est inséré entre les écarteurs.

### **Cas 1 : Ecarteurs Z**



Profondeur du plateau h (mm)	Largeur du plateau bu (mm)	Epaisseur isolant devant plateaux (mm)	$\Psi_{\text{lèvre}}$ (W/(m.K))	$\Psi_{\text{écarteur}}$ (W/(m.K))	$\chi_{\text{lèvre-écart}}$ (W/K)	$\chi_{\text{vis-isolant}}$ (W/K)	$\Delta U$ (W/(m².K))	
							Entraxe des écarteurs (m)	
							1	2
70	400	80	0,021	0,027	0,05	0,005	0,215	0,134
		140	0,01	0,038	0,043	0,005	0,181	0,103
		180	0,007	0,042	0,039	0,004	0,165	0,091
	500	80	0,021	0,027	0,05	0,005	0,179	0,111
		140	0,01	0,038	0,043	0,005	0,154	0,087
		180	0,007	0,042	0,039	0,004	0,142	0,078
	600	80	0,021	0,027	0,05	0,005	0,155	0,095
		140	0,01	0,038	0,043	0,005	0,136	0,077
		180	0,007	0,042	0,039	0,004	0,127	0,069
90	400	80	0,025	0,02	0,05	0,005	0,218	0,140
		140	0,013	0,03	0,045	0,005	0,185	0,109
		180	0,009	0,034	0,041	0,004	0,167	0,095
	500	80	0,025	0,02	0,05	0,005	0,180	0,115
		140	0,013	0,03	0,045	0,005	0,156	0,091
		180	0,009	0,034	0,041	0,004	0,142	0,080
	600	80	0,025	0,02	0,05	0,005	0,155	0,098
		140	0,013	0,03	0,045	0,005	0,137	0,079
		180	0,009	0,034	0,041	0,004	0,125	0,070

Le tableau suivant donne le coefficient  $U_p$  pour une conductivité thermique de l'isolant ( $\lambda$ ) de 0,04 W/(m.K). Pour d'autres valeurs de  $\lambda$  (entre 0,032 et 0,05 W/(m.K)), le coefficient  $U_p$  peut être calculé avec les formules I.1 et I.2 ainsi que le  $\Delta U$  correspondant à partir du tableau précédent.

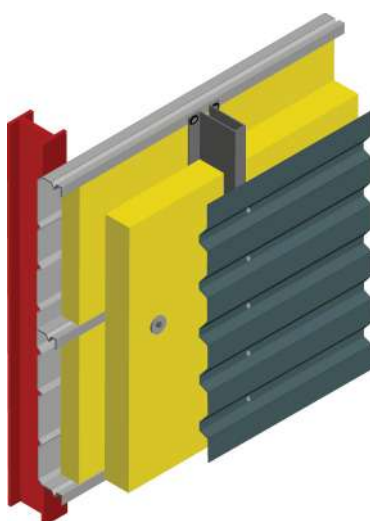


Pour un entraxe des écarteurs entre 1 et 2 m, le  $\Delta U$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.

Pour des plateaux de 450 mm de largeur, le  $U_p$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.

Profondeur des plateaux (mm)	Largeur des plateaux (mm)	Epaisseur isolant devant les plateaux (mm)	$U_c$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	$U_p$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	
				Entraxe des écarteurs (m)	
				1	2
70	400	80	0,249	0,46	0,38
		140	0,181	0,36	0,28
		180	0,153	0,32	0,24
	500	80	0,249	0,43	0,36
		140	0,181	0,34	0,27
		180	0,153	0,30	0,23
	600	80	0,249	0,40	0,34
		140	0,181	0,32	0,26
		180	0,153	0,28	0,22
90	400	80	0,221	0,44	0,36
		140	0,166	0,35	0,28
		180	0,142	0,31	0,24
	500	80	0,221	0,40	0,34
		140	0,166	0,32	0,26
		180	0,142	0,28	0,22
	600	80	0,221	0,38	0,32
		140	0,166	0,30	0,25
		180	0,142	0,27	0,21

## Cas 2 : Ecarteurs Oméga



Profondeur du plateau h (mm)	Largeur du plateau bu (mm)	Epaisseur isolant devant plateaux (mm)	$\Psi_{\text{lèvre}}$ (W/(m.K))	$\Psi_{\text{écarteur}}$ (W/(m.K))	$\chi_{\text{lèvre-écart}}$ (W/K)	$\chi_{\text{vis-isolant}}$ (W/K)	$\Delta U$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	
							Entraxe des écarteurs (m)	
							1	2
70	400	140	0,01	0,062	0,064	0,005	0,257	0,141
		180	0,007	0,068	0,059	0,004	0,241	0,129
		240	0,005	0,074	0,052	0,003	0,223	0,118
	500	140	0,01	0,062	0,064	0,005	0,220	0,120
		180	0,007	0,068	0,059	0,004	0,208	0,111
		240	0,005	0,074	0,052	0,003	0,194	0,102
	600	140	0,01	0,062	0,064	0,005	0,195	0,106
		180	0,007	0,068	0,059	0,004	0,186	0,099
		240	0,005	0,074	0,052	0,003	0,175	0,092
90	400	140	0,013	0,048	0,065	0,005	0,253	0,143
		180	0,009	0,054	0,062	0,004	0,240	0,131
		240	0,006	0,06	0,056	0,003	0,221	0,118
	500	140	0,013	0,048	0,065	0,005	0,214	0,120
		180	0,009	0,054	0,062	0,004	0,204	0,111
		240	0,006	0,06	0,056	0,003	0,190	0,101
	600	140	0,013	0,048	0,065	0,005	0,188	0,105
		180	0,009	0,054	0,062	0,004	0,180	0,098
		240	0,006	0,06	0,056	0,003	0,169	0,090

Le tableau suivant donne le coefficient  $U_p$  pour une conductivité thermique de l'isolant ( $\lambda$ ) de 0,04 W/(m.K).

Pour d'autres valeurs de  $\lambda$  (entre 0,032 et 0,05 W/(m.K)), le coefficient  $U_p$  peut être calculé avec les formules I.1 et I.2 ainsi que le  $\Delta U$  correspondant à partir du tableau précédent.

Pour un entraxe des écarteurs entre 1 et 2 m, le  $\Delta U$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.

Pour des plateaux de 450 mm de largeur, le  $U_p$  correspondant peut être obtenu par interpolation linéaire.



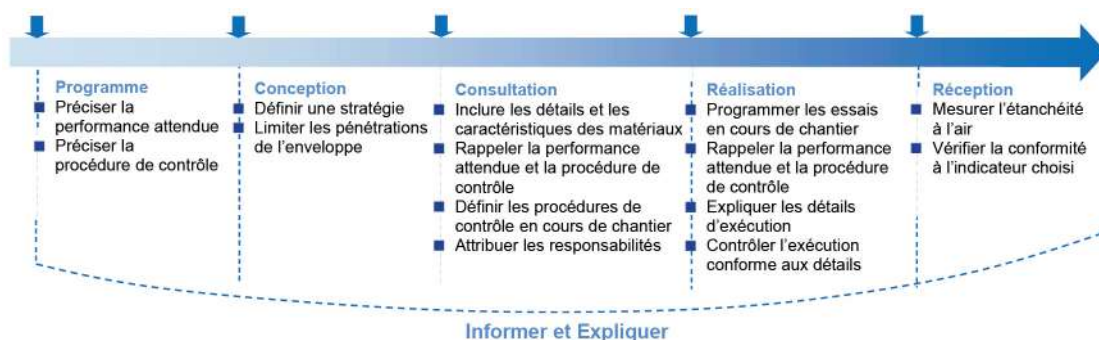
Profondeur des plateaux (mm)	Largeur des plateaux (mm)	Epaisseur isolant devant les plateaux (mm)	$U_c$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	$U_p$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	
				Entraxe des écarteurs (m)	
				1	2
70	400	140	0,181	0,44	0,32
		180	0,153	0,39	0,28
		240	0,125	0,35	0,24
	500	140	0,181	0,40	0,30
		180	0,153	0,36	0,26
		240	0,125	0,32	0,23
	600	140	0,181	0,38	0,29
		180	0,153	0,34	0,25
		240	0,125	0,30	0,22
90	400	140	0,166	0,42	0,31
		180	0,142	0,38	0,27
		240	0,117	0,34	0,24
	500	140	0,166	0,38	0,29
		180	0,142	0,35	0,25
		240	0,117	0,31	0,22
	600	140	0,166	0,35	0,27
		180	0,142	0,32	0,24
		240	0,117	0,29	0,21

## ANNEXE J – TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS : PONTS THERMIQUES DE LIAISON ET ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Cette annexe donne des exemples de solutions d'amélioration de l'étanchéité à l'air et de correction de ponts thermiques aux niveaux des liaisons :

- Façade / plancher bas
- Façade / façade
- Façade / menuiserie
- Façade / plancher intermédiaire
- Façade / toiture
- Façade / couverture

Pour réduire la perméabilité à l'air de l'enveloppe, il est impératif de la prendre en compte dès la phase conception d'un projet neuf avec une vision globale jusqu'à la réception.



▲ Figure J.1. Principes d'une démarche pour améliorer l'étanchéité à l'air

Les dispositions qui suivent sont valables en pose horizontale ou verticale.

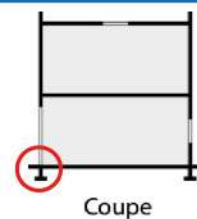
### Note

Cette annexe n'est pas exhaustive.

Voir également les Règles Th-bât pour les ponts thermiques de liaison.

Les schémas ne sont pas des croquis d'exécution mais des dessins de principe ne prenant pas toujours en compte les dispositions prévues dans les DTU 40.35 et 43.3 ni dans les présentes recommandations.

## Liaison façade / plancher bas : Solution 1a



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Joint mousse imprégné
7. Isolation périphérique intérieure
8. Longrine
9. Dallage

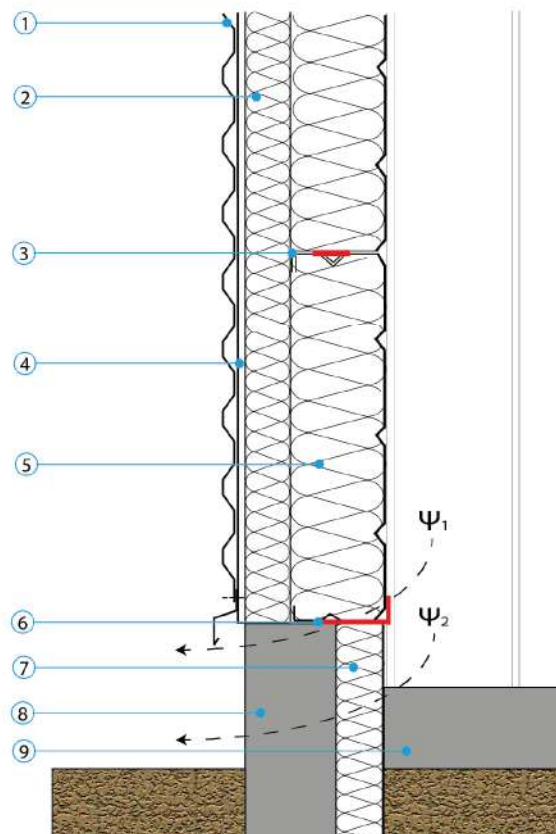
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (6).  
Le joint doit être raccordé sur les semelles  
des poteaux en contact avec les plateaux.

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique  
verticale intérieure (7) entre la longrine et le  
dallage :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage  
(face inférieure)  $\geq 50$  cm.



### Caractéristiques thermiques

$\Psi_1$ (W/(m.K))
<b>0,21</b>



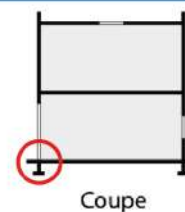
*Le traitement du pont thermique  $\Psi_2$  ne fait pas partie de la prestation du bardeur*

ABL



## Liaison façade / plancher bas :

### Solution 1b



#### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Isolation périphérique intérieure
8. Longrine
9. Dallage

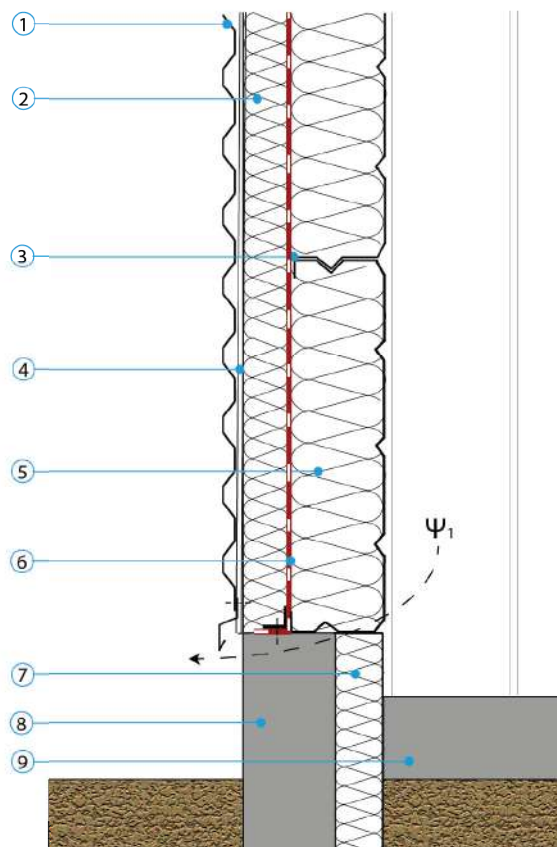
#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6).

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale intérieure (7) entre la longrine et le dallage :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50$  cm.

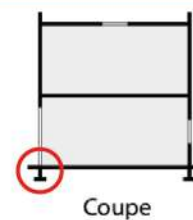


#### Caractéristiques thermiques

$\Psi_1$ (W/(m.K))
<b>0,21</b>

ABL

## Liaison façade / plancher bas : Solution 1c



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Joint mousse imprégné
8. Longrine
9. Isolation périphérique intérieure
10. Dallage

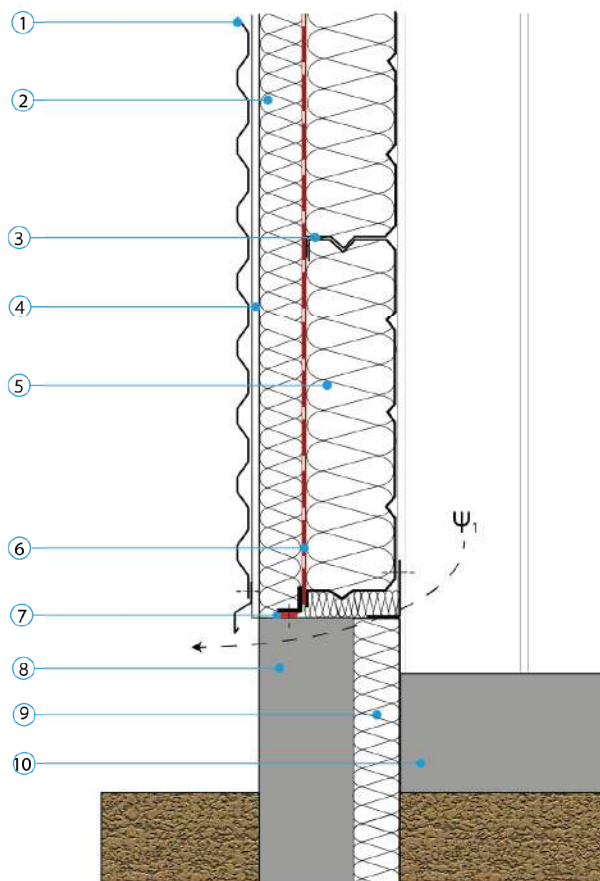
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6) et d'un joint mousse (7).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale intérieure (9) entre la longrine et le dallage :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50$  cm.



### Caractéristiques thermiques

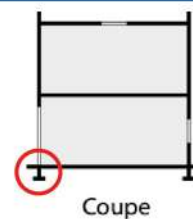
$\Psi_1$ (W/(m.K))
<b>0,21</b>

ABL



## Liaison façade / plancher bas :

### Solution 2a



#### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Joint mousse imprégné
7. Isolant rigide avec protection mécanique
8. Longrine
9. Dallage

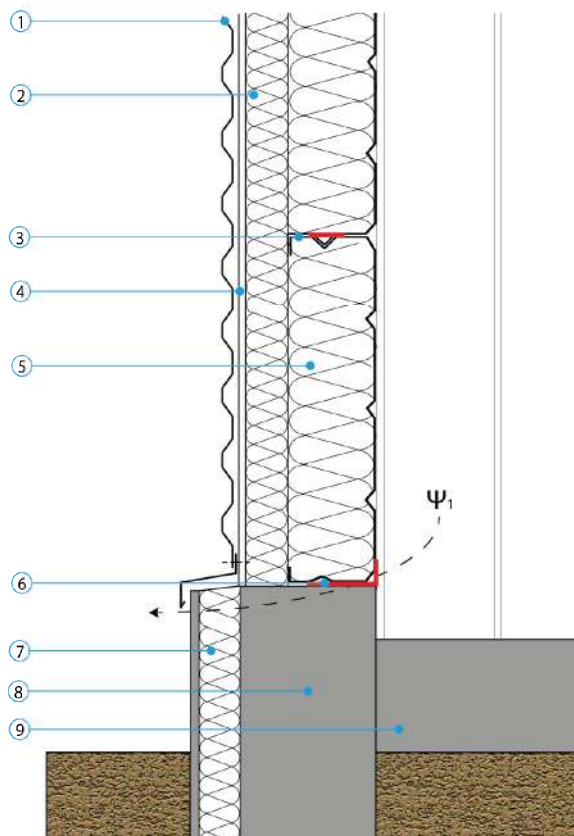
#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (6).  
Le joint doit être raccordé sur les semelles des poteaux en contact avec les plateaux.

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure (7) devant la longrine et le soubassement :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50$  cm.



#### Caractéristiques thermiques

$\Psi_1$  (W/(m.K))

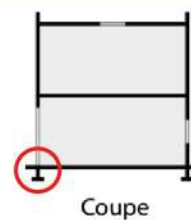
**0,18**



*Pour les façades avec lame d'air ventilée entre l'isolant et le bardage, il faut veiller à ce que l'isolation périphérique de la longrine ne gêne pas la ventilation de la lame d'air*

ABL

## Liaison façade / plancher bas : Solution 2b



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Isolant rigide avec protection mécanique
8. Longrine
9. Dallage

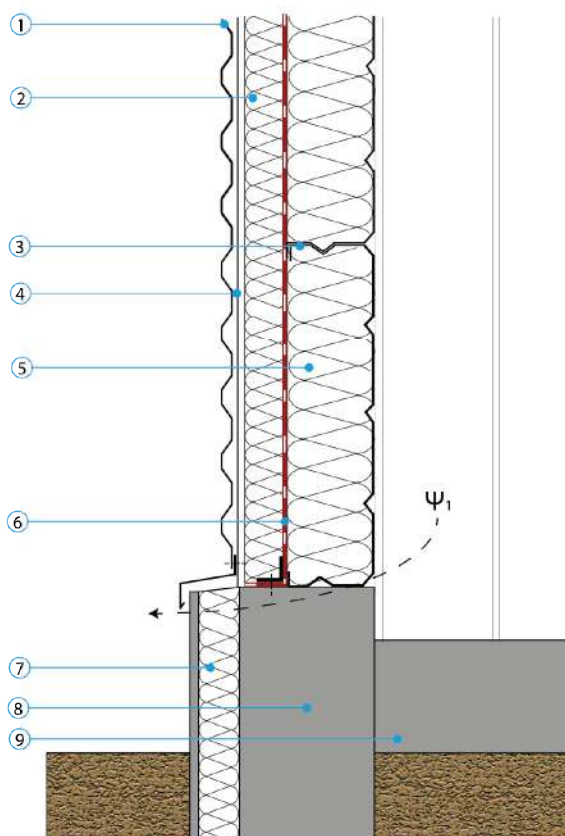
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure (7) devant la longrine et le soubassement :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50$  cm.



### Caractéristiques thermiques

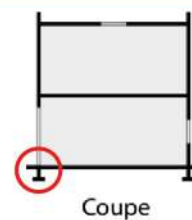
$\Psi_1$ (W/(m.K))
0,18



Pour les façades avec lame d'air ventilée entre l'isolant et le bardage, il faut veiller à ce que l'isolation périphérique de la longrine ne gêne pas la ventilation de la lame d'air

ABL

## Liaison façade / plancher bas : Solution 2c



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Joint mousse imprégné
8. Isolant rigide avec protection mécanique
9. Longrine
10. Dallage

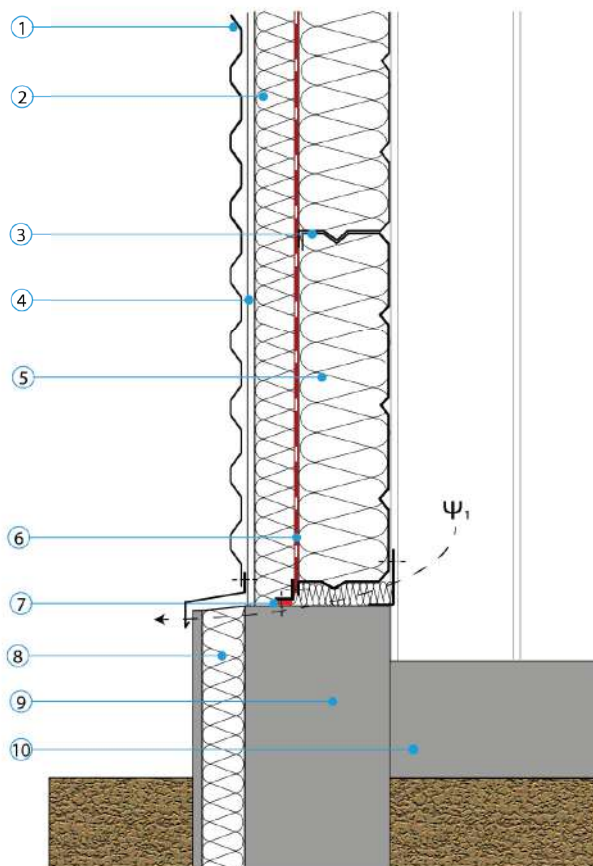
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6) et d'un joint mousse (7).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure (8) devant la longrine et le soubassement :

- Epaisseur  $\geq 6$  cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50$  cm.



### Caractéristiques thermiques

$\Psi_1$  (W/(m.K))

**0,18**

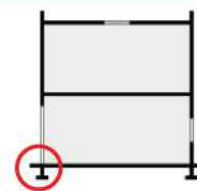


*Pour les façades avec lame d'air ventilée entre l'isolant et le bardage, il faut veiller à ce que l'isolation périphérique de la longrine ne gêne pas la ventilation de la lame d'air*

ABL



## Liaison façade / plancher bas : Solution 3a



Coupe

*Cette solution n'est pas visée dans le cadre du présent document. Elle est donnée pour indiquer la valeur du coefficient  $\Psi_1$*

### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Doublage isolant ( $R \approx 2 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ )
7. Plaque de plâtre
8. Joint mousse imprégné
9. Isolant rigide avec protection mécanique
10. Longrine
11. Dallage

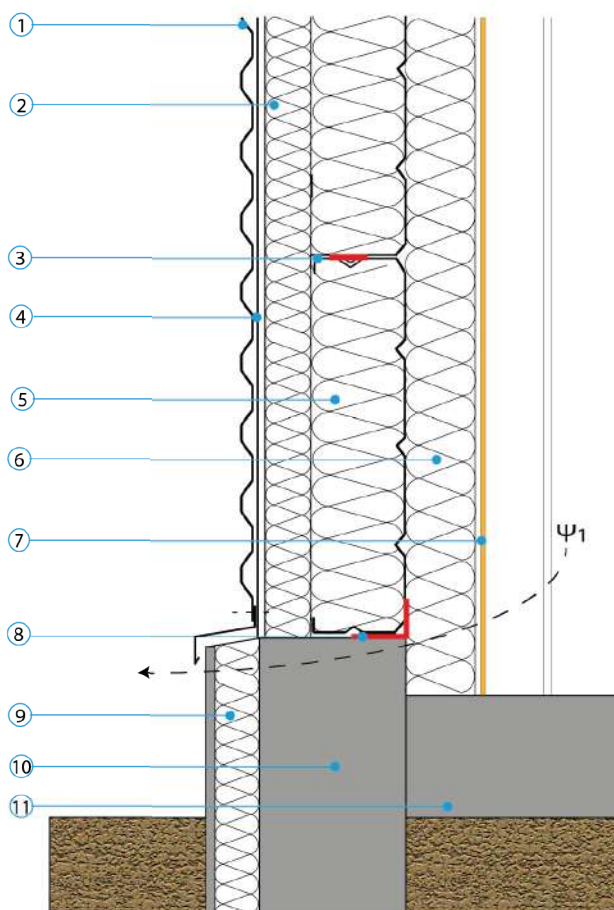
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (8).  
Le joint doit être raccordé sur les semelles des poteaux en contact avec les plateaux.

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure (9) devant la longrine et le soubassement :

- Epaisseur  $\geq 6 \text{ cm}$ .
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50 \text{ cm}$ .



Caractéristiques thermiques
$\Psi_1 \text{ (W/(m.K))}$
<b>0,05</b>

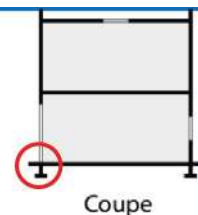


*Pour les façades avec lame d'air ventilée entre l'isolant et le bardage, il faut veiller à ce que l'isolation périphérique de la longrine ne gêne pas la ventilation de la lame d'air*

ABL

## Liaison façade / plancher bas :

### Solution 3b



*Cette solution n'est pas visée dans le cadre du présent document, Elle est donnée pour indiquer la valeur du coefficient  $\Psi_1$*

#### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Ecarteur
5. Isolant dans les plateaux
6. Doublage isolant ( $R \approx 2 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ )
7. Plaque de plâtre
8. Pare-air (cf. 6.8.2)
9. Isolant rigide avec protection mécanique
10. Longrine
11. Dallage

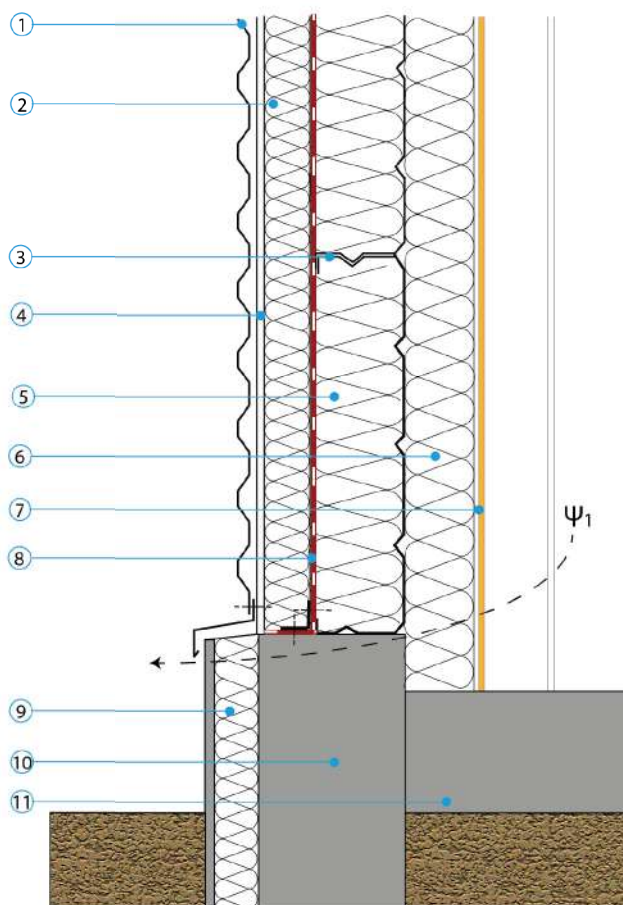
#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (8).

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure (9) devant la longrine et le soubassement :

- Epaisseur  $\geq 6 \text{ cm}$ .
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure)  $\geq 50 \text{ cm}$ .



#### Caractéristiques thermiques

$\Psi_1 \text{ (W/(m.K))}$

**0,05**



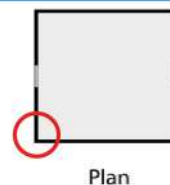
*Pour les façades avec lame d'air ventilée entre l'isolant et le bardage, il faut veiller à ce que l'isolation périphérique de la longrine ne gêne pas la ventilation de la lame d'air*

ABL



## Liaison façade / façade – angle sortant :

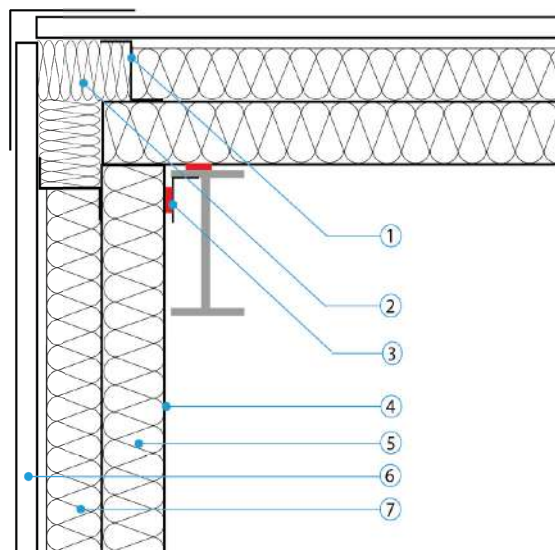
### Solution 1a



Plan

#### Désignation

1. Ecarteur
2. Complément d'isolation
3. Joint mousse imprégné
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

#### Travaux de correction du pont thermique

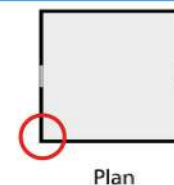
Mise en œuvre d'un complément d'isolation à la jonction de bardages (2).

#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))
0,05

ABL



**Liaison façade / façade – angle sortant :****Solution 1b****Désignation**

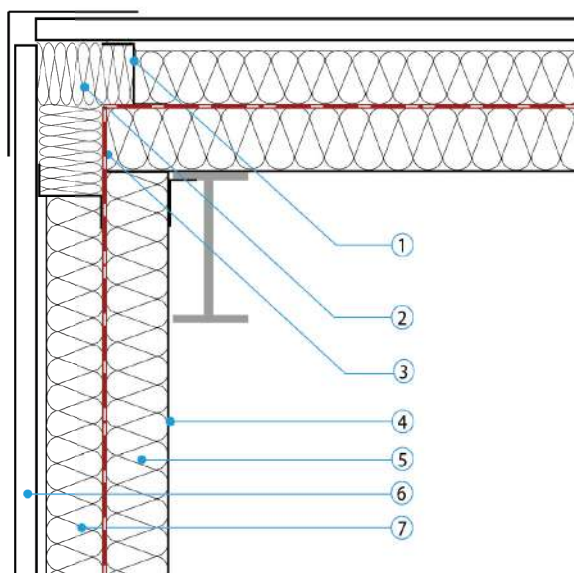
1. Ecarteur
2. Complément d'isolation
3. Pare-air (cf. 6.8.2)
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux

**Travaux d'étanchéité à l'air**

Mise en œuvre d'un pare-air (3).

**Travaux de correction du pont thermique**

Mise en œuvre d'un complément d'isolation à la jonction de bardages (2).

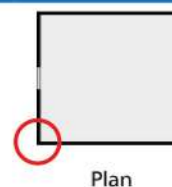
**Caractéristiques thermiques**

$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,05</b>

ABL

## Liaison façade / façade – angle sortant :

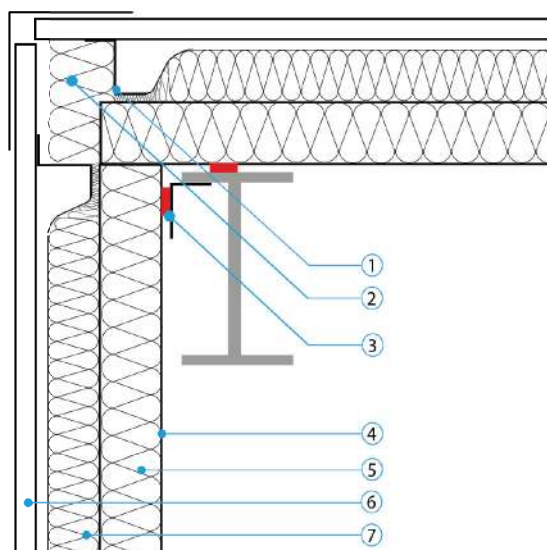
### Solution 2a



Plan

#### Désignation

1. Ecarteur
2. Complément d'isolation
3. Joint mousse imprégné
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

#### Travaux de correction du pont thermique

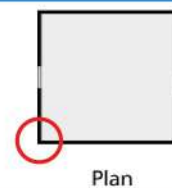
Mise en œuvre d'un complément d'isolation à la jonction de bardages (2).

#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,13</b>

ABL

## Liaison façade / façade – angle sortant : Solution 2b



### Désignation

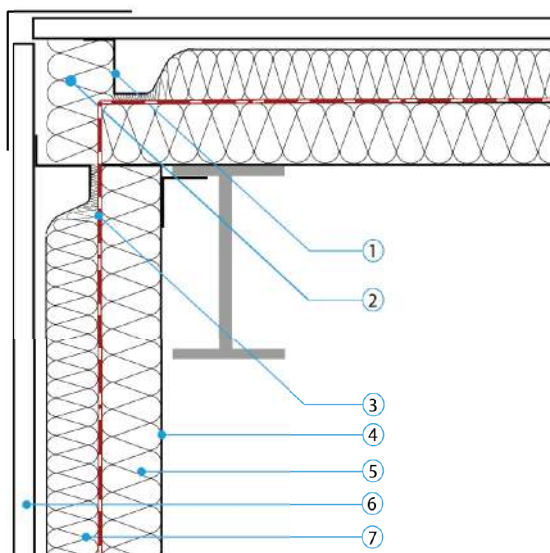
1. Ecarteur
2. Complément d'isolation
3. Pare-air (cf. 6.8.2)
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux

### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (3).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation à la jonction de bardages (2).

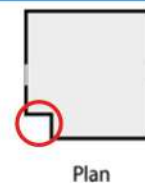


### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,13</b>

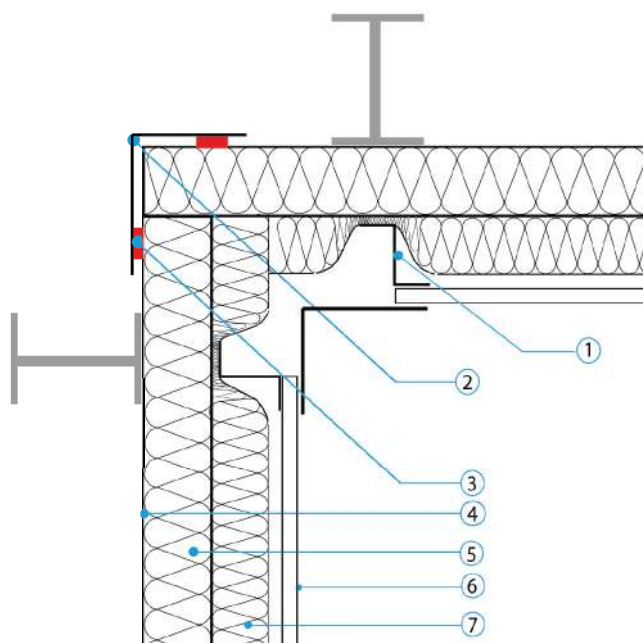
ABL

## Liaison façade / façade – angle rentrant : Solution a



### Désignation

1. Ecarteur
2. Cornière
3. Joint mousse imprégné
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

### Travaux de correction du pont thermique

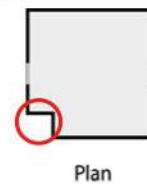
L'isolant devant les plateaux doit être  
jointif au niveau de l'angle.

### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))
0

ABL

## Liaison façade / façade – angle rentrant : Solution b



### Désignation

1. Ecarteur
2. Cornière
3. Pare-air (cf. 6.8.2)
4. Plateau
5. Isolant dans les plateaux
6. Bardage
7. Isolant devant les plateaux

### Travaux d'étanchéité à l'air

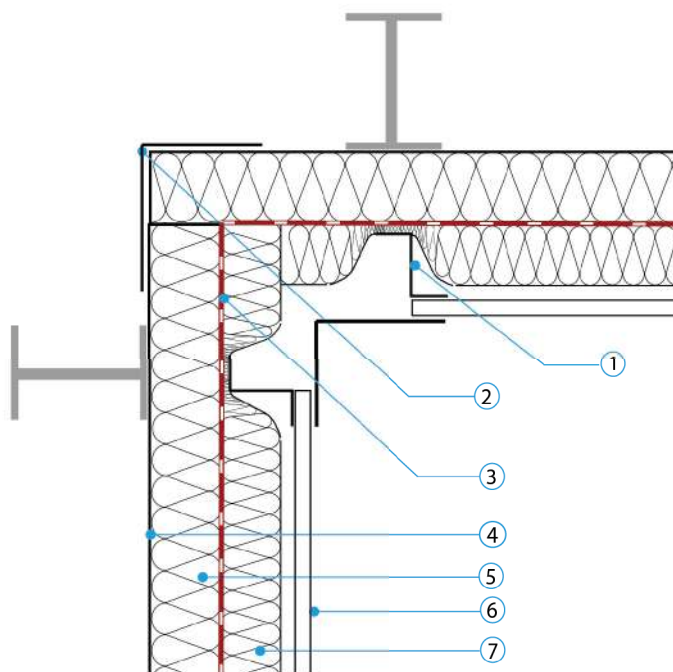
Mise en œuvre d'un pare-air (3).

### Travaux de correction du pont thermique

L'isolant devant les plateaux doit être jointif au niveau de l'angle.

### Caractéristiques thermiques

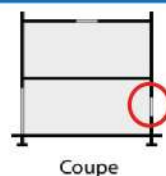
$\Psi$ (W/(m.K))
0



ABL

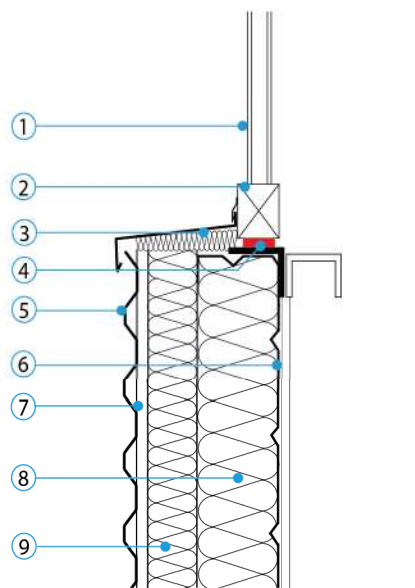
## Liaison façade / fenêtre – appui :

### Solution a



#### Désignation

1. Vitrage
2. Menuiserie
3. Complément d'isolation
4. Joint mousse imprégné
5. Bardage
6. Plateau
7. Ecarteur
8. Isolant dans les plateaux
9. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (4).

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation sous la bavette (3) (épaisseur : e).

#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$  (W/(m.K))

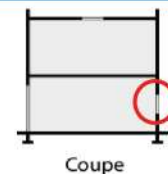
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>

\*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement).  
Valeurs valables pour :  
-  $U_p$  bardage  $\leq 0,45$  W/m<sup>2</sup>.K  
-  $U_w$  fenêtre  $\leq 2,5$  W/m<sup>2</sup>.K

ABL

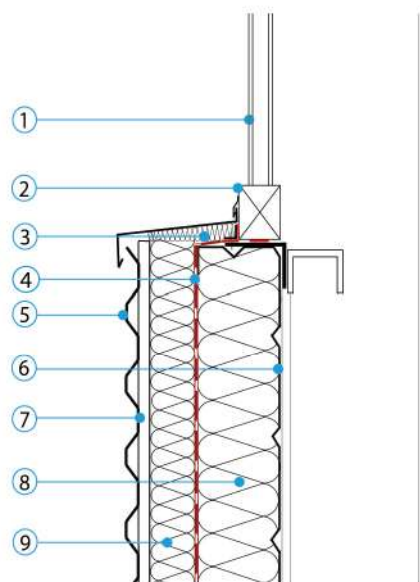
## Liaison façade / fenêtre – appui :

### Solution b



#### Désignation

1. Vitrage
2. Menuiserie
3. Complément d'isolation
4. Pare-air (cf. 6.8.2)
5. Bardage
6. Plateau
7. Ecarteur
8. Isolant dans les plateaux
9. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (4).

#### Travaux de correction du pont thermique

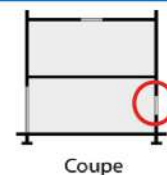
Mise en œuvre d'un complément d'isolation sous la bavette (3) (épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques			
$\Psi$ (W/(m.K))			
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K			

ABL

## Liaison façade / fenêtre – appui :

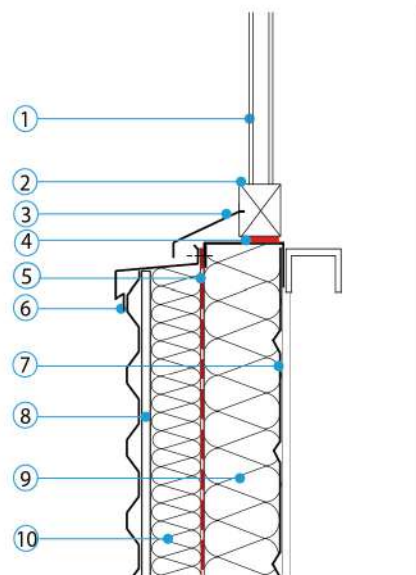
### Solution c



Coupe

#### Désignation

1. Vitrage
2. Menuiserie
3. Bavette de chassis
4. Joint mousse imprégné ou équivalent
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Bavette de chassis
7. Plateau
8. Ecarteur
9. Isolant dans les plateaux
10. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (5) + joint d'étanchéité (4).

#### Travaux de correction du pont thermique

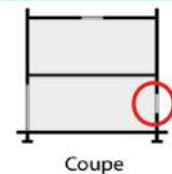
Pas de travaux.

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,45</b>
Valeurs valables pour :
- $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K
- $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K

ABL

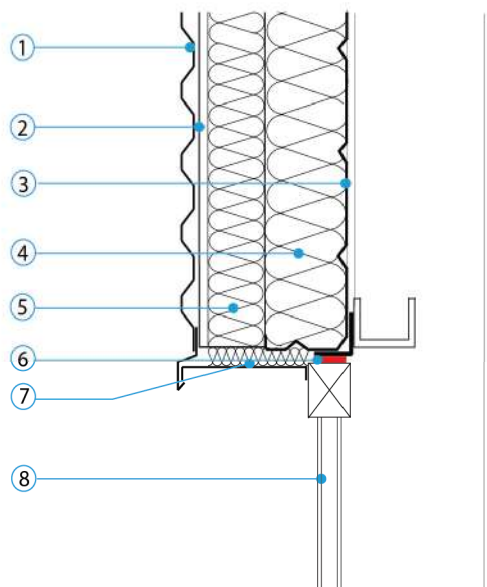


## Liaison façade / fenêtre – linteau : Solution a



### Désignation

1. Bardage
2. Ecarteur
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Isolant devant les plateaux
6. Joint mousse imprégné
7. Complément d'isolation
8. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (6).

### Travaux de correction du pont thermique

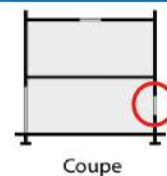
Mise en œuvre d'un complément d'isolation (7)  
(épaisseur : e).

### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))			
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K			

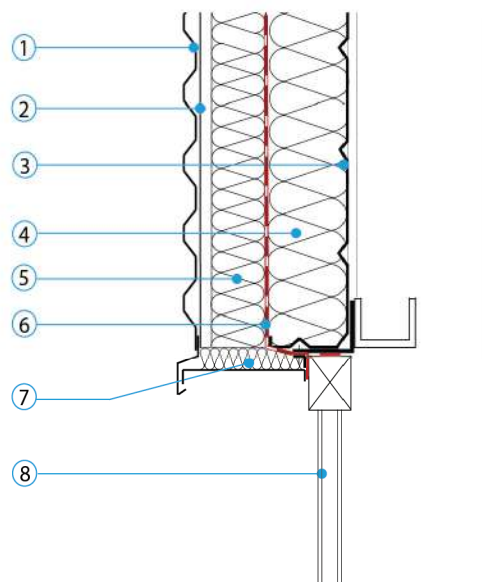
ABL

## Liaison façade / fenêtre – linteau : Solution b



### Désignation

1. Bardage
2. Ecarteur
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Isolant devant les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Complément d'isolation
8. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (7) (épaisseur : e).

### Caractéristiques thermiques

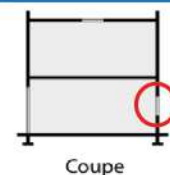
$\Psi$  (W/(m.K))

Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>

\*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement).  
Valeurs valables pour :  
-  $U_p$  bardage  $\leq 0,45$  W/m<sup>2</sup>.K  
-  $U_w$  fenêtre  $\leq 2,5$  W/m<sup>2</sup>.K

ABL

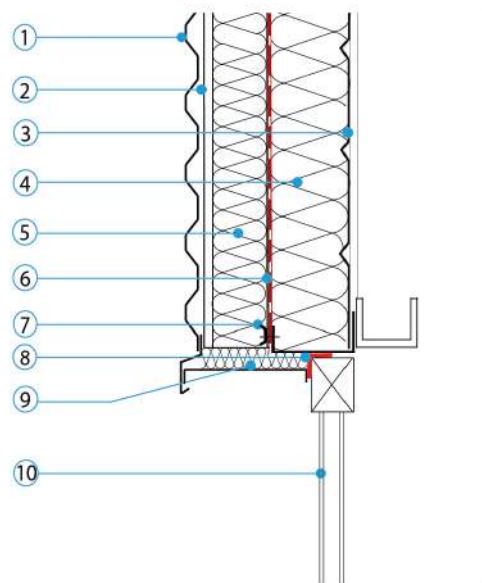
## Liaison façade / fenêtre – linteau : Solution c



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Ecarteur
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Isolant devant les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Pièce de maintien du pare-air
8. Joint mousse imprégné
9. Complément d'isolation
10. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6) + joint d'étanchéité (8).

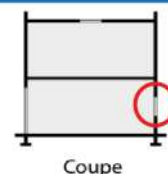
### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (9) (épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques			
$\Psi$ (W/(m.K))			
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K			

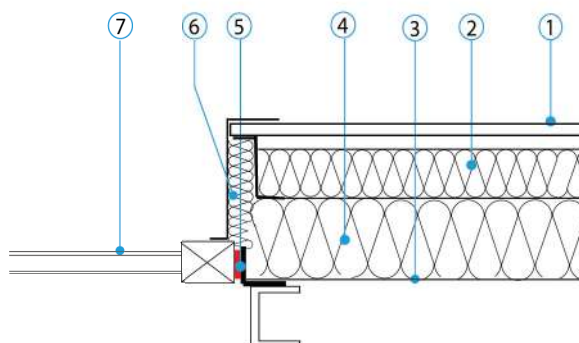
ABL

## Liaison façade / fenêtre – ébrasement : Solution a



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Joint mousse imprégné
6. Complément d'isolation
7. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (5).

### Travaux de correction du pont

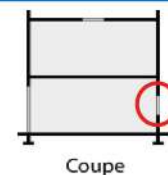
#### thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation  
(6) (épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques	
$\Psi$ (W/(m.K))	
Bardage en pose horizontale	Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)
$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K	

ABL

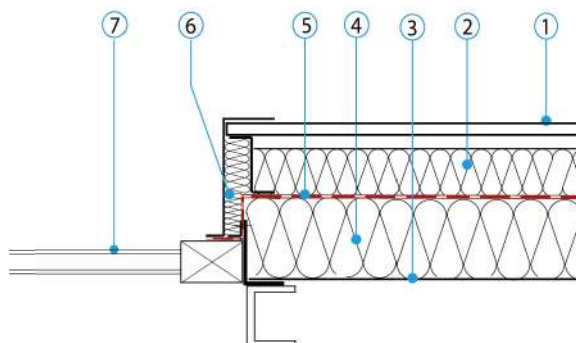
## Liaison façade / fenêtre – ébrasement : Solution b



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Complément d'isolation
7. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (5).

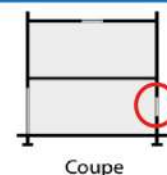
### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (6)  
(épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques	
$\Psi$ (W/(m.K))	
Bardage en pose horizontale	Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)
$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K	

ABL

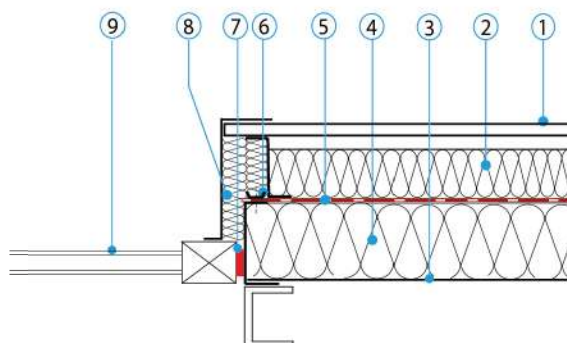
## Liaison façade / fenêtre – ébrasement : Solution c



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Pièce de maintien du pare-air
7. Joint mousse imprégné ou équivalent
8. Complément d'isolation
9. Fenêtre



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (5) + joint d'étanchéité (7).

### Travaux de correction du pont thermique

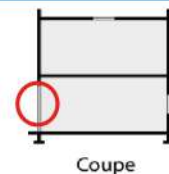
Mise en œuvre d'un complément d'isolation (8)  
(épaisseur : e).

#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))	
Bardage en pose horizontale	Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)
$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ fenêtre $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K	

ABL

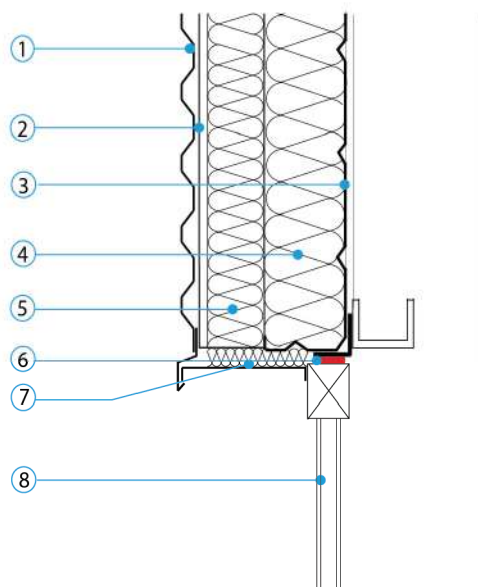
## Liaison façade / porte – linteau : Solution a



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Ecarteur
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Isolant devant les plateaux
6. Joint mousse imprégné
7. Complément d'isolation
8. Porte



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (6).

### Travaux de correction du pont thermique

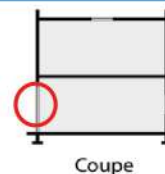
Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (7) (épaisseur : e).

### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))			
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ porte $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K			

ABL

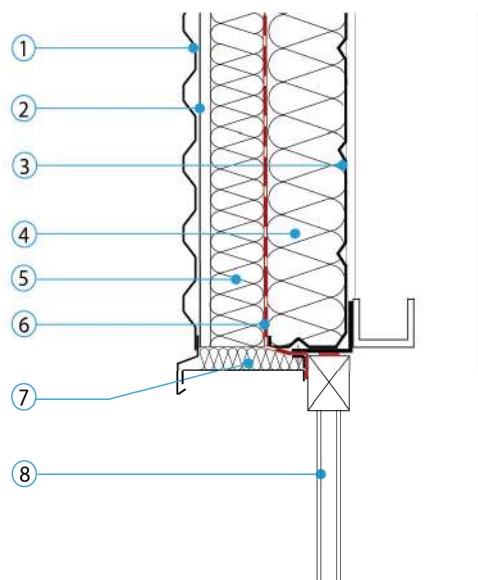
## Liaison façade / porte – linteau : Solution b



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Ecarteur
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Isolant devant les plateaux
6. Pare-air (cf. 6.8.2)
7. Complément d'isolation
8. Porte



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (6).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (7) (épaisseur : e).

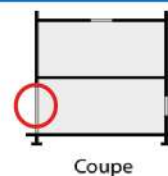
### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))			
Bardage en pose horizontale		Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)	
$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 4$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ porte $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K			

ABL



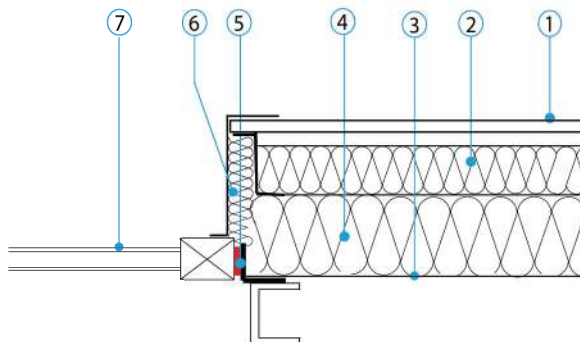
## Liaison façade / porte – ébrasement : Solution a



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Joint mousse imprégné
6. Complément d'isolation
7. Porte



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (5).

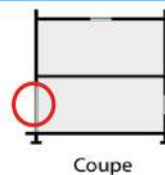
### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (6)  
(épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques	
$\Psi$ (W/(m.K))	
Bardage en pose horizontale	Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)
$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
*Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ porte $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K	

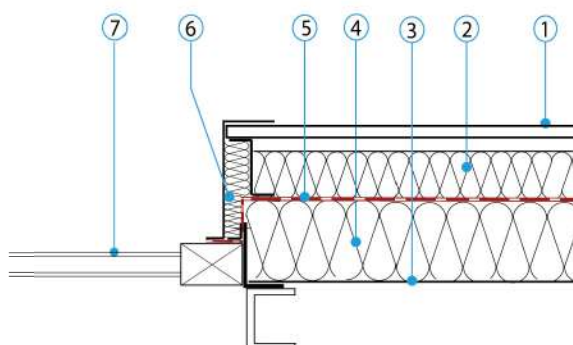
ABL

## Liaison façade / porte – ébrasement : Solution b



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Complément d'isolation
7. Porte



### Travaux d'étanchéité à l'air

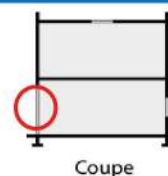
Mise en œuvre d'un pare-air (5).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (6)  
(épaisseur : e).

Caractéristiques thermiques	
$\Psi$ (W/(m.K))	
Bardage en pose horizontale	Bardage en pose verticale (cf. 7.2-j)
$e^* \geq 2$ cm	$e^* \geq 2$ cm
<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
Épaisseur du complément d'isolation mis en œuvre (tenant compte d'un éventuel écrasement). Valeurs valables pour : - $U_p$ bardage $\leq 0,45$ W/m <sup>2</sup> .K - $U_w$ porte $\leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> .K	

ABL

**Liaison façade / porte sectionnelle – linteau :****Solution a****Désignation**

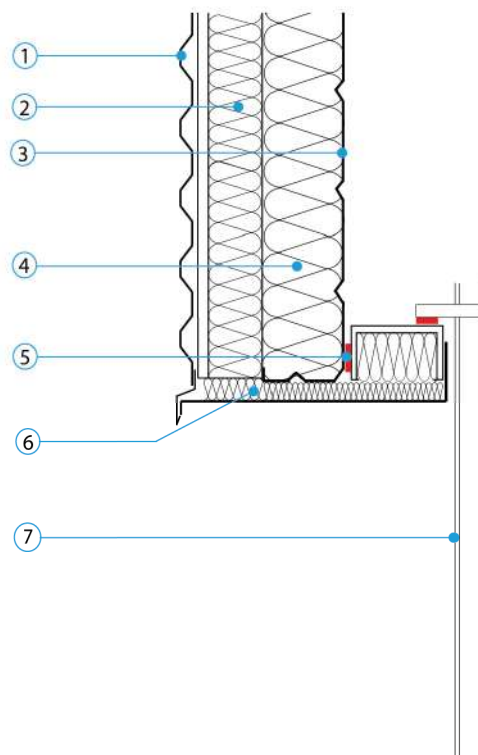
1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Joint mousse imprégné
6. Complément d'isolation
7. Porte sectionnelle

**Travaux d'étanchéité à l'air**

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5).

**Travaux de correction du pont thermique**

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (6).

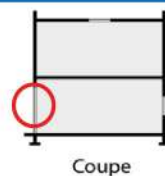


Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,30</b>

ABL

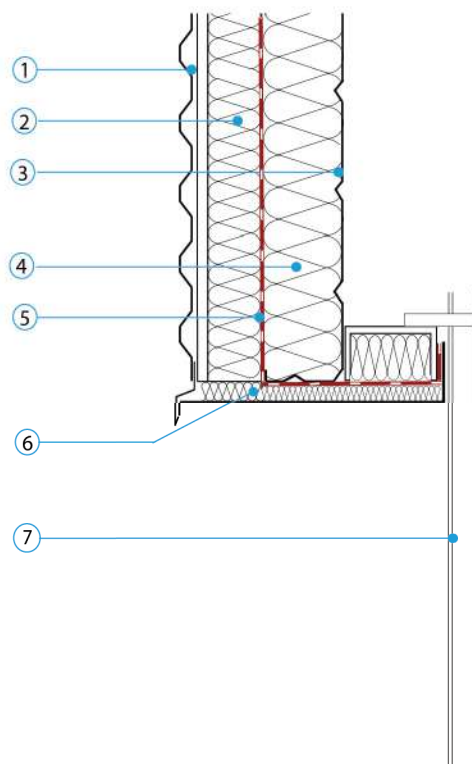


## Liaison façade / porte sectionnelle – linteau : Solution b



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Complément d'isolation
7. Porte sectionnelle



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (5).

### Travaux de correction du pont thermique

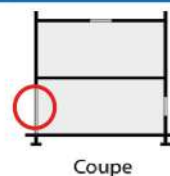
Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (6).

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,30</b>

ABL

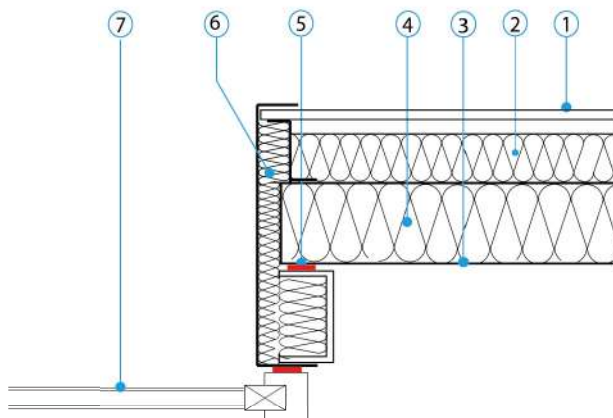


## Liaison façade / porte sectionnelle – ébrasement : Solution a



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Joint mousse imprégné
6. Complément d'isolation
7. Porte sectionnelle



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5).

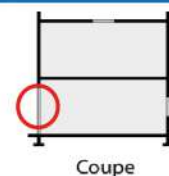
### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (6).

Caractéristiques thermiques	
$\Psi$ (W/(m.K))	
	0,20

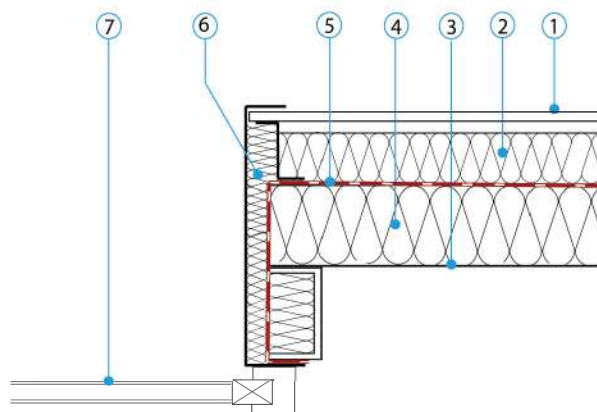
ABL

## Liaison façade / porte sectionnelle – ébrasement : Solution b



### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Plateau
4. Isolant dans les plateaux
5. Pare-air (cf. 6.8.2)
6. Complément d'isolation
7. Porte sectionnelle



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (5).

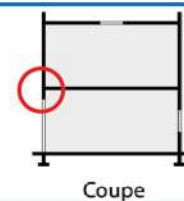
### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation (6).

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,20</b>

ABL

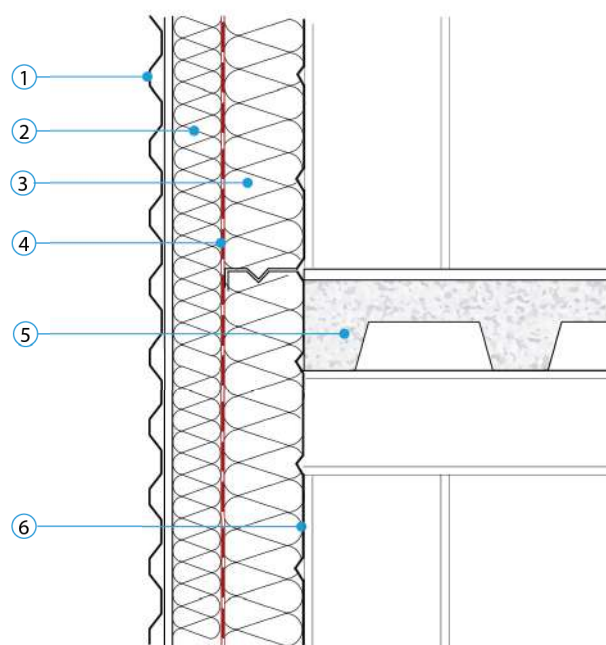
## Liaison façade / plancher intermédiaire : Solution 1



Coupe

### Désignation

1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Isolant dans les plateaux
4. Pare-air (cf. 6.8.2)
5. Plancher collaborant
6. Plateau



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (4).

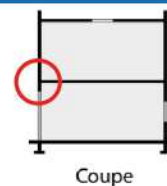
### Travaux de correction du pont thermique

Pas de travaux.

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
0

ABL

## Liaison façade / plancher intermédiaire : Solution 2



Coupe

*Cette solution n'est pas visée dans le cadre du présent document. Elle est donnée pour indiquer la valeur du coefficient  $\Psi$*

### Désignation

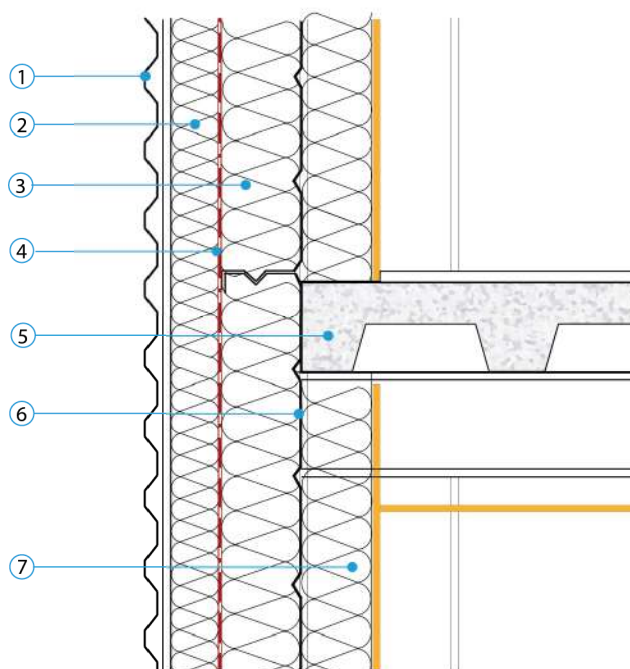
1. Bardage
2. Isolant devant les plateaux
3. Isolant dans les plateaux
4. Pare-air (cf. 6.8.2)
5. Plancher collaborant
6. Plateaux
7. Doublage intérieur isolant

### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un pare-air (4).  
Les plaques de plâtre peuvent partiellement contribuer à l'étanchéité à l'air si les joints entre plaques ont été réalisés conformément à la NF DTU 25.41.

### Travaux de correction du pont thermique

Pas de travaux.



### Caractéristiques thermiques

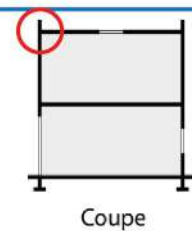
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,10</b>
Pont thermique tenant compte des poutres

ABL



## Liaison façade / toiture :

### Solution 1a



#### Désignation

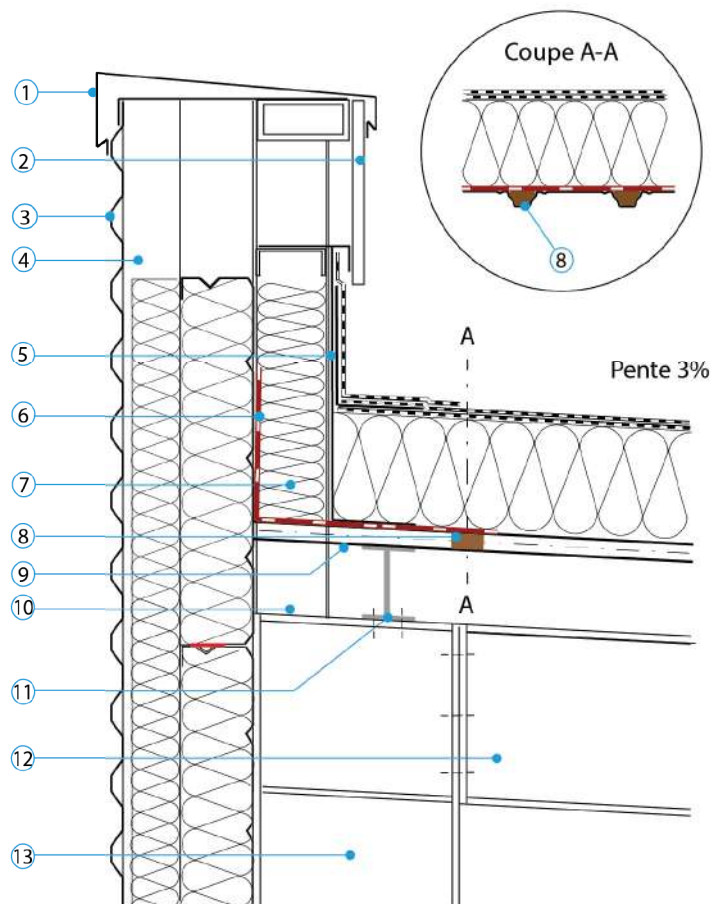
1. Couvertine
2. Contre bardage
3. Bardage
4. Ecarteur
5. Costière
6. Pare-vapeur au lot étanchéité et assemblé aux plateaux
7. Complément d'isolation
8. Closoir
9. Tôle d'acier nervurée (TAN)
10. Baïonnette en tube
11. Panne
12. Poutre
13. Poteau

#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-vapeur (6) + closoirs (8).

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation derrière les plateaux (7).  
La pose de la costière sur l'isolant, dans le cas d'une isolation en deux lits, permet de réduire le pont thermique.

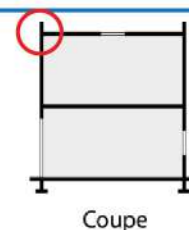


#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))					
Costière posée sur la TAN			Costière posée sur l'isolant		
Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm	Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm
<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>
Valeurs valables pour :					
- des baïonnettes tube de 120 x 120 mm maxi, espacées de 5 m environ ;					
- Epaisseur de la costière $\leq 1,5$ mm ;					
- Hauteur du complément d'isolation d'au moins 20 cm au-dessus du niveau supérieur de l'isolant de la toiture.					

ABL

## Liaison façade / toiture : Solution 1b



### Désignation

1. Couvertine
2. Contre bardage
3. Bardage
4. Ecarteur
5. Costière
6. Pare-air / pare-vapeur (cf. 6.8.2)
7. Complément d'isolation
8. Tôle d'acier nervurée (TAN)
9. Baïonnette en tube
10. Panne
11. Poutre
12. Poteau

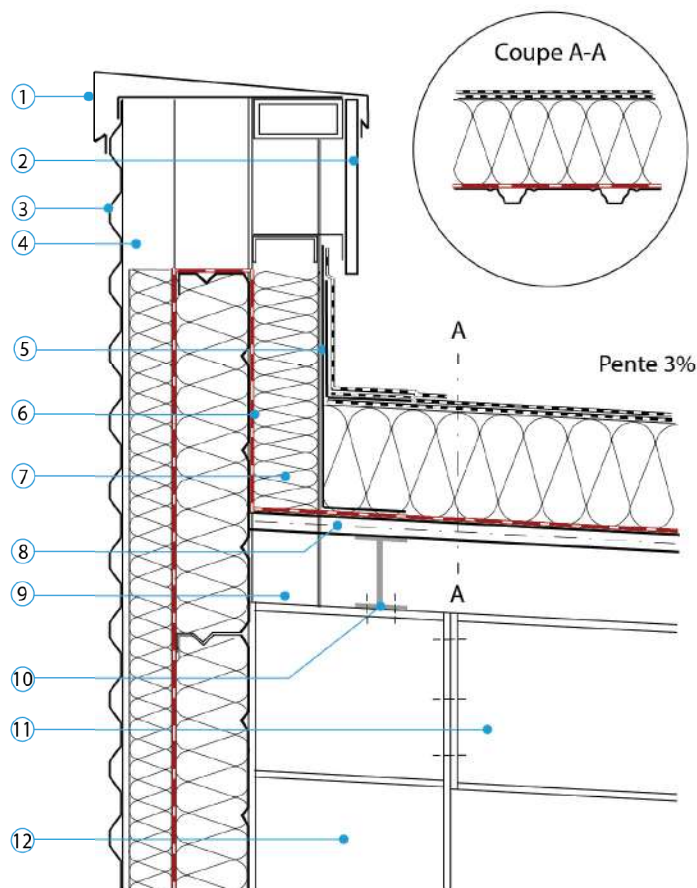
### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-air/pare-vapeur (6).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation derrière les plateaux (7).

La pose de la costière sur l'isolant, dans le cas d'une isolation en deux lits, permet de réduire le pont thermique.



### Caractéristiques thermiques

$\Psi$  (W/(m.K))

Costière posée sur la TAN			Costière posée sur l'isolant		
Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm	Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm
<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>

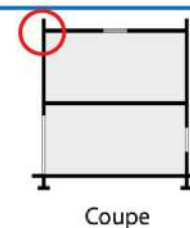
Valeurs valables pour :

- des baïonnettes tube de 120 x 120 mm maxi, espacées de 5 m environ ;
- Epaisseur de la costière  $\leq 1,5$  mm ;
- Hauteur du complément d'isolation d'au moins 20 cm au-dessus du niveau supérieur de l'isolant de la toiture.

ABL

## Liaison façade / toiture :

### Solution 2a



#### Désignation

1. Couvertine
2. Contre bardage
3. Bardage
4. Ecarteur
5. Costière
6. Pare-vapeur au lot étanchéité et assemblé aux plateaux
7. Complément d'isolation
8. Closoir
9. Tôle d'acier nervurée (TAN)
10. Baïonnette en tube
11. Panne
12. Poutre
13. Poteau

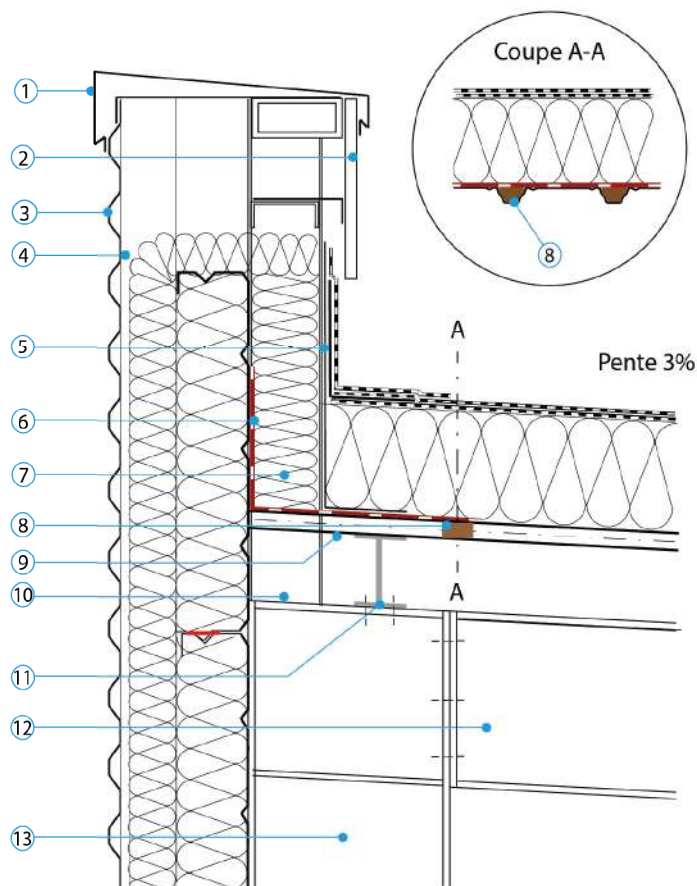
#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-vapeur (6) + closoirs (8).

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation derrière et au-dessus des plateaux (7).

La pose de la costière sur l'isolant, dans le cas d'une isolation en deux lits, permet de réduire le pont thermique.



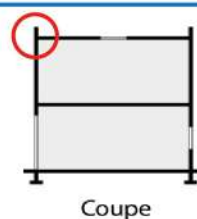
#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$ (W/(m.K))					
Costière posée sur la TAN			Costière posée sur l'isolant		
Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm	Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture $\geq 26$ cm
<b>0,45</b>	<b>0,39</b>	<b>0,35</b>	<b>0,21</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
Valeurs valables pour :					
- des baïonnettes tube de 120 x 120 mm maxi, espacées de 5 m environ ;					
- Epaisseur de la costière $\leq 1,5$ mm ;					
- Epaisseur de l'isolant au-dessus des plateaux d'au moins 6 cm.					

ABL

## Liaison façade / toiture :

### Solution 2b



#### Désignation

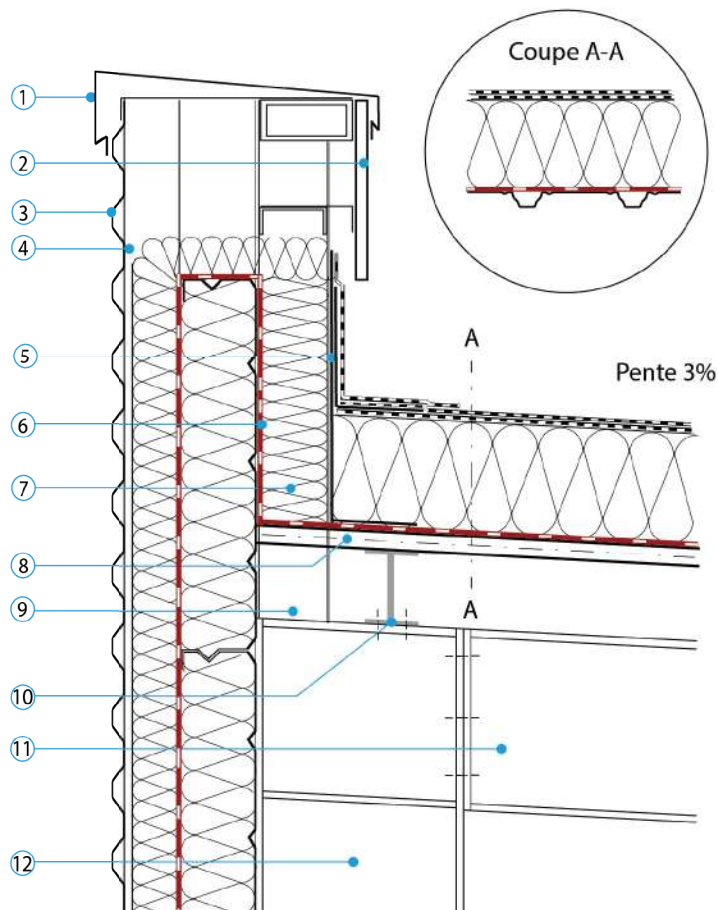
1. Couvertine
2. Contre bardage
3. Bardage
4. Ecarteur
5. Costière
6. Pare-air / pare-vapeur (cf. 6.8.2)
7. Complément d'isolation
8. Tôle d'acier nervurée (TAN)
9. Baïonnette en tube
10. Panne
11. Poutre
12. Poteau

#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-air/pare-vapeur (6)

#### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation derrière et au-dessus des plateaux (7).  
La pose de la costière sur l'isolant, dans le cas d'une isolation en deux lits, permet de réduire le pont thermique.



#### Caractéristiques thermiques

$\Psi$  (W/(m.K))

Costière posée sur la TAN			Costière posée sur l'isolant		
Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture ≥ 26 cm	Isolant toiture : 13 cm	Isolant toiture : 20 cm	Isolant toiture ≥ 26 cm
<b>0,45</b>	<b>0,39</b>	<b>0,35</b>	<b>0,21</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>

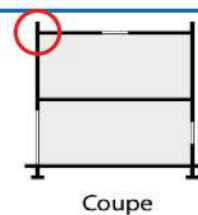
Valeurs valables pour :

- des baïonnettes tube de 120 x 120 mm maxi, espacées de 5 m environ ;
- Epaisseur de la costière ≤ 1,5 mm ;
- Epaisseur de l'isolant au-dessus des plateaux d'au moins 6 cm.

ABL

## Liaison façade / couverture :

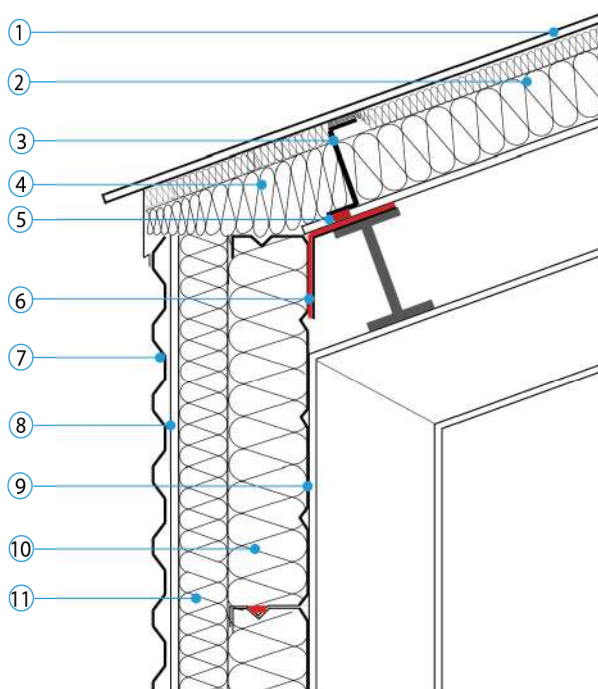
### Solution 1



Coupe

#### Désignation

1. Tôle d'acier nervurée
2. Isolant
3. Fausse panne portant sur la panne par l'intermédiaire d'un pontet
4. Complément d'isolation
5. Closoir
6. Joint mousse imprégné de 10 mm d'épaisseur minimum sur une pièce en acier pliée rigide
7. Bardage
8. Ecarteur
9. Plateau
10. Isolant dans les plateaux
11. Isolant devant les plateaux



#### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre d'un joint d'étanchéité (6) + closoirs (5).

#### Travaux de correction du pont thermique

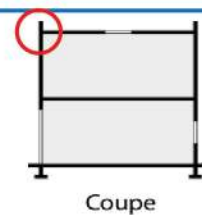
Mise en œuvre d'un complément d'isolation au niveau de la jonction façade / couverture (4).

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
<b>0,30</b>

ABL

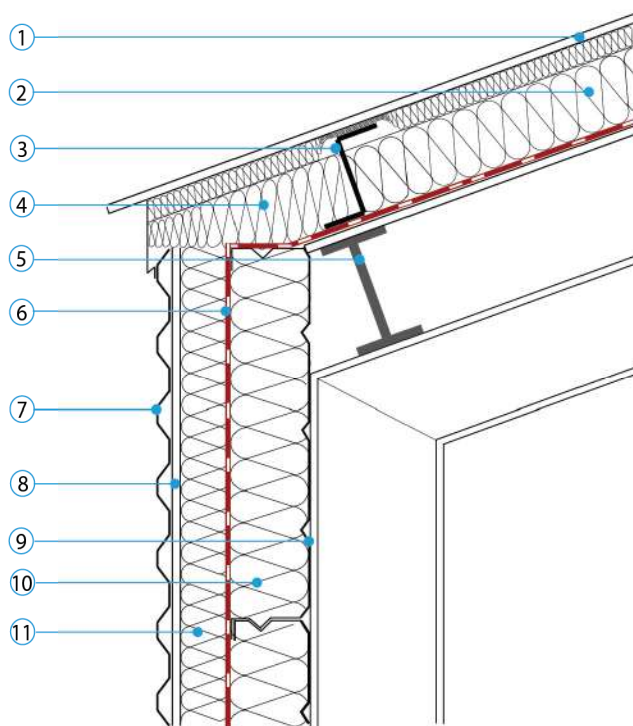


## Liaison façade / couverture : Solution 2



### Désignation

1. Tôle d'acier nervurée
2. Isolant
3. Fausse panne
4. Complément d'isolation
5. Panne
6. Pare-air / pare-vapeur (cf. 6.8.2)
7. Bardage
8. Ecarteur
9. Plateau
10. Isolant dans les plateaux
11. Isolant devant les plateaux



### Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-air/pare-vapeur (6).

### Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément  
d'isolation au niveau de la jonction façade /  
couverture (4).

Caractéristiques thermiques
$\Psi$ (W/(m.K))
0,30

ABL

## ANNEXE K – PROCÉDURE SIMPLIFIÉE POUR L'APPLICATION DES RÈGLES NV 65 MODIFIÉES 2009

### K.1. Généralités

#### K.1.1. Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des tableaux leur permettant d'effectuer d'une manière simple alternativement :

- le choix des profilés en fonction de leurs possibilités ;
- le choix des portées ;
- le choix des fixations et leur densité ;
- la vérification d'un bardage.

Les tableaux de charges sont déterminés en fonction :

- du type de bardage ;
- des zones de vent des Règles NV 65 modifiées 2009 ;
- des sites normaux et exposés des Règles NV, ou précisés dans les DPM ;
- des hauteurs de bâtiment inférieures ou égales à 30 m ;
- des pressions de vent (actions de l'extérieur vers l'intérieur) ;
- des dépressions de vent dans les parties courantes ainsi que dans les angles des bâtiments.

#### K.1.2. Domaines d'application

L'application des règles NV n'est plus obligatoire, sauf si la demande en est faite dans les DPM. Le respect des règles simplifiées données ci-après permet de répondre à cette demande dans le cadre du domaine d'application également défini ci-dessous.

Ces règles simplifiées ne s'appliquent ni à des bâtiments d'élancement au sens des NV supérieur à 2,5, ni à des bâtiments de hauteur supérieure à 30 m.

### K.2. Correction de l'action du vent selon les Règles NV 65

Lorsque les dimensionnements des ouvrages sont effectués selon les règles de bardage de 1981 (en phase transitoires), les tableaux K2, K3 et K4 donnent les pressions et dépressions à considérer.

Lorsque les dimensionnements des ouvrages sont effectués selon les présentes Recommandations Professionnelles aux états limites, les valeurs des tableaux K2, K3 et K4 doivent être multipliées par 1,20 dans le cas du dimensionnement aux ELU et 1,00 pour les vérifications aux ELS.

### K.3. Détermination des coefficients de calcul

#### K.3.1. Correction de pression due à la hauteur

Les Règles NV 65 modifiées 2009 donnent les pressions dynamiques de base à 10 m. Pour des hauteurs supérieures ou égales à 10 m, la correction de pression est donnée par la formule :

$$q_H = q_{10} \times 2,5 \times (H+18)/(H+60)$$

Soit pour  $H = 30 \text{ m}$  :  $q_{30} = q_{10} \times 1,33$

#### K.3.2. Coefficient de site

Les coefficients sont donnés pour des sites protégés, normaux ou exposés. Les sites protégés ne sont pas retenus dans ce document compte tenu du faible nombre de cas où ces sites se présentent.

Les pressions dynamiques correspondent à des sites normaux. Les sites exposés sont soumis à majoration (1,35 ; 1,30 ; 1,25 ; 1,20) en fonction des zones 1, 2, 3, 4.

#### K.3.3. Coefficient de dimension

Les coefficients de réduction  $\delta$  sont fonction de la plus grande dimension du maître-couple intéressant l'élément considéré (plateau ou écarteur ou tôle). Lorsque les éléments sont en continuité sur plusieurs travées. Les coefficients sont calculés pour la plus grande dimension correspondant à chaque travée supposée isolée (la portée).

Les portées usuelles des bardages simple-peau et des bardages rapportés sont de 2 à 3 m et descendent parfois à 1,50 m. Afin de n'avoir qu'un seul tableau, le coefficient unique adopté correspond à une dimension de 2 m soit  $\delta = 0,92$ , ce qui représente une erreur d'environ 1 % pour une portée de 1,50 m.

Les portées usuelles des plateaux sont de l'ordre de 4 à 6 m. Le coefficient unique adopté correspond à une dimension de 5 m soit  $\delta = 0,87$ , ce qui représente une erreur d'environ 1 % pour une portée de 4 m.

#### K.3.4. Coefficient de pression

Les bâtiments considérés ont des élancements inférieurs à 2,5. De ce fait, prendre  $\gamma_0 = 1$  place en sécurité.

Dans ces conditions, les coefficients maximaux de pression pour des bâtiments fermés (perméabilité  $\mu \leq 5\%$ ) et ouverts (perméabilité  $\mu \geq 35\%$ ) sont donnés dans le tableau K.1 :

- Les actions locales sur les arêtes verticales s'appliquent sur une largeur égale au 1/10<sup>e</sup> de la plus petite des deux dimensions horizontales de la façade formant l'arête.
- Pour déterminer ou vérifier la portée des plateaux de bardages double peau, il n'est pas retenu de dépression majorée dans les arêtes verticales compte tenu du comportement en plaque des bardages double peau.



Pour vérifier les fixations et la flexion de la peau extérieure des bardages double peau, on utilise les coefficients globaux de dépression  $C_e$ , pour les bâtiments fermés.

Le Tableau K.1 donne les coefficients de pression et dépression.

Type de bâtiment	Positions	Coefficients de pression		
		Extérieur	Intérieur	Global
		$C_e$	$C_i$	$C$
Bâtiments fermés	Parties courantes	+0,8	-0,3	+1,1
		-0,5	+0,3	-0,8
	Arêtes verticales	+0,8	-0,3	+1,1
		-1,0	+0,3	-1,3
Bâtiments ouverts	Parties courantes	+0,8	-0,5	+1,3
		-0,5	+0,8	-1,3
	Arêtes verticales	+0,8	-0,5	+1,3
		-1,0	+0,8	-1,8

▲ Tableau K.1 : Coefficients de pression – dépression



Type de bâtiment	Hauteur	Actions résultantes	Zones de vent							
			1		2		3		4	
			Site		Site		Site		Site	
			Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiment fermé	≤ 10 m	Pression	510	680	610	790	760	950	910	1090
		Dépression	*	370	500	440	570	550	690	660
			**	600	810	720	930	900	1120	1080
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	560	750	670	870	830	1040	1000	1200
		Dépression	*	400	550	490	630	610	760	730
			**	660	890	790	1030	990	1230	1180
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	600	810	720	940	900	1130	1080	1300
		Dépression	*	440	590	520	680	660	820	790
			**	710	960	850	1110	1070	1330	1280
	> 20 m ≤ 25 m	Pression	640	860	770	1000	960	1200	1150	1380
		Dépression	*	470	630	560	730	700	870	840
			**	760	1020	910	1180	1130	1420	1360
	> 25 m ≤ 30 m	Pression	670	910	810	1050	1010	1260	1210	1460
		Dépression	*	490	660	590	770	740	920	880
			**	800	1080	960	1240	1200	1490	1430
Bâtiment ouvert	≤ 10 m	Pression	600	810	720	930	900	1120	1080	1290
		Dépression	*	600	810	720	930	900	1120	1080
			**	830	1120	990	1290	1240	1550	1490
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	660	890	790	1030	990	1230	1180	1420
		Dépression	*	660	890	790	1030	990	1230	1180
			**	910	1230	1090	1420	1370	1710	1640
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	710	960	850	1110	1070	1330	1280	1530
		Dépression	*	710	960	850	1110	1070	1330	1280
			**	980	1330	1180	1530	1470	1840	1770
	> 20 m ≤ 25 m	Pression	760	1020	910	1180	1130	1420	1360	1630
		Dépression	*	760	1020	910	1180	1130	1420	1360
			**	1050	1410	1260	1630	1570	1960	1890
	> 25 m ≤ 30 m	Pression	800	1080	960	1240	1200	1490	1430	1720
		Dépression	*	800	1080	960	1240	1200	1490	1430
			**	1100	1490	1330	1720	1660	2070	1990

\* parties courantes

\*\* arêtes verticales

▲ **Tableau K.2** : Pressions et dépressions (en N/m²) en vent normal selon NV 65 modifiées, à prendre en compte pour le choix des bardages simple peau et de leurs fixations ( $C_e$ - $C_i$  en partie courante et  $2 C_e$  le long des arrêtes)

Type de bâtiment	Hauteur	Actions résultantes	Zones de vent							
			1		2		3		4	
			Site		Site		Site		Site	
			Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiment fermé	≤ 10 m	Pression	480	650	570	750	720	900	860	1030
		Dépression	350	470	420	540	520	650	630	750
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	530	710	630	820	790	990	950	1140
		Dépression	380	520	460	600	570	720	690	830
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	570	770	680	890	850	1070	1020	1230
		Dépression	410	560	500	640	620	770	740	890
	> 20 m ≤ 25 m	Pression	610	820	720	950	910	1140	1090	1300
		Dépression	440	590	530	680	660	820	800	950
	> 25 m ≤ 30 m	Pression	640	870	760	1000	960	1200	1150	1370
		Dépression	470	630	560	720	690	870	840	1000
Bâtiment ouvert	≤ 10 m	Pression	570	760	680	880	850	1060	1020	1220
		Dépression	570	760	680	880	850	1060	1020	1220
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	620	840	750	970	930	1170	1120	1340
		Dépression	620	840	750	970	930	1170	1120	1340
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	670	910	810	1050	1010	1260	1210	1450
		Dépression	670	910	810	1050	1010	1260	1210	1450
	> 20 m ≤ 25 m	Pression	720	960	860	1110	1080	1340	1290	1540
		Dépression	720	960	860	1110	1080	1340	1290	1540
	> 25 m ≤ 30 m	Pression	760	1010	910	1170	1130	1410	1360	1630
		Dépression	760	1010	910	1170	1130	1410	1360	1630

▲ **Tableau K.3** : Pressions et dépressions (en N/m<sup>2</sup>) en vent normal selon NV 65 modifiées à prendre en compte pour le choix des plateaux de bardages double peau et de leurs fixations ( $C_e$ - $C_i$ )

Type de bâtiment	Hauteur	Actions résultantes		Zones de vent							
				1		2		3		4	
				Site		Site		Site		Site	
				Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiment ouvert et fermé	≤ 10 m	Pression		510	680	610	790	760	950	910	1090
		Dépression	*	370	500	450	570	550	690	660	790
			**	600	810	720	930	900	1120	1080	1290
	> 10 m ≤ 15 m	Pression		560	750	670	870	830	1040	1000	1200
		Dépression	*	400	550	490	630	610	760	730	870
			**	660	890	790	1030	990	1230	1180	1420
	> 15 m ≤ 20 m	Pression		600	810	720	940	900	1130	1080	1300
		Dépression	*	440	590	520	680	660	820	790	940
			**	710	960	850	1110	1070	1330	1280	1530

\* parties courantes

\*\* arêtes verticales

▲ **Tableau K.4** : Pressions et dépressions (en N/m<sup>2</sup>) en vent normal selon NV 65 modifiées à prendre en compte pour le choix des peaux extérieures de bardages double peau et de leurs fixations ( $C_e$  en partie courante et  $2 \times C_e$  le long des arrêtes verticales)

### **K.3.5. Calcul des pressions et dépressions des acrotères au vent selon les NV 65 modifiées 2009**

Lorsqu'un plateau est poursuivi en acrotère, il est identique à celui de la façade.

L'ouvrage est donc dimensionné selon le tableau K.1, dans la même configuration de calcul de la façade (ouvert ou fermé suivant que le bâtiment est ouvert ou fermé).



## ANNEXE L – DIMENSIONNEMENT PAR CALCULS DES CAPACITÉS RÉSISTANTES DES PROFILS SELON L'EUROCODE 3 PARTIES 1.3 ET 1.5 (COMPLÉMENTS)

### L. 1. Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des compléments aux normes NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5, pour déterminer les performances mécaniques résistantes des profils par calculs.

Cette annexe traite uniquement les classes de construction III (non structurelles) selon NF EN 1993-1-3.

Cette annexe ne traite pas de l'établissement des tableaux de charges (cf. Annexe N). Le calcul des portées limites suivant les performances mécaniques résistantes aux Eurocodes font l'objet de l'Annexe M.

Les performances mécaniques résistantes suivantes sont à déterminer pour la pression et la dépression :

AUX ELU :

- détermination du module de résistance  $W_{eff}$  et du moment résistant  $M_{c,Rd}$  ;
- détermination de la capacité résistante à l'effort tranchant  $V_{b,Rd}$  ;
- détermination de la capacité résistante à la compression sur appui  $R_{w,Rd}$  ;
- détermination de la capacité résistante à l'arrachement au droit des appuis  $F_{Rd}$ .

A ELS :

- détermination des Inerties efficaces  $I_{eff}$  pour une flèche limite =  $L/150$ .

Les profils concernés :

- plateaux en acier ;
- plaques nervurées en acier.

### Note

Un calcul des écarteurs selon la NF EN 1993-1-3 est également possible mais n'est pas traité dans cette annexe.

### L. 2. Complément sur la limite d'élasticité et le module d'élasticité

Dans les calculs, comme valeurs caractéristiques, il faut utiliser les valeurs nominales des propriétés des matériaux.

Les valeurs nominales  $f_{yb}$  et  $f_u$  à prendre en compte sont à prendre dans la NF EN 1993-1-3, tableau 3.1.a et tableau 3.1.b en excluant les aciers DX51.



La valeur du module d'élasticité (module d'Young)  $E$  est égale à 210 000 MPa pour l'acier et 200 000 MPa pour de l'acier inoxydable.

### **L. 3. Complément sur les proportions géométriques**

Le dimensionnement par calcul suppose le respect des proportions données au 5.2 de l'Eurocode 3 partie 1.3. Cependant, lorsque les proportions géométriques définies dans l'Eurocode 3.1.3 ne sont pas respectées, les calculs peuvent être effectués, à condition que leur résistance aux états limites ultimes et le comportement aux états limites de service soient vérifiés par au moins deux essais (pression et dépression).

Les essais seront menés selon l'[Annexe M] de ce document.

Deux cas possibles :

1. Les résultats sont satisfaisants : les résultats par calculs sont exploitables.
2. Les résultats ne sont pas satisfaisants : les performances des résultats de calculs doivent être calibrées selon les essais.

#### **Méthode de calibrage des résultats :**

Il convient de déterminer les rapports entre les sollicitations résistantes obtenues par essais avec celles obtenues par calculs. Ces rapports servent ensuite au recalibrage des valeurs de calculs.

### **L. 4. Complément sur l'analyse globale plastique**

Si l'analyse globale plastique prend en compte une redistribution des moments fléchissants, il convient de démontrer cette distribution (capacité de rotation de la section sur appui), à partir des résultats d'essais effectués conformément à l'[Annexe M] de ce document.

Le nombre d'essais à effectuer n'est pas inférieur à celui défini à l'[Annexe M].

### **L. 5. Condition d'interpolation entre les calculs de certains profils**

Les valeurs de charges limites obtenues par calculs pour des épaisseurs nominales supérieures sont obtenues par extrapolation linéaire proportionnellement au rapport des épaisseurs.

Les valeurs de charges limites pour des épaisseurs nominales inférieures à celles calculées ne peuvent pas être extrapolées.

Les inerties efficaces aux ELS et moments associés obtenus à partir de la contrainte nominale ne peuvent pas être extrapolés à des contraintes supérieures à la contrainte nominale.

Les profils perforés ou crevés sont calculés soit à partir du paragraphe 10.4 de l'Eurocode 3 partie 1.3 en prenant en compte les corrections apportées aux formulations figurant dans les amendements et corrigendum de cet Eurocode.

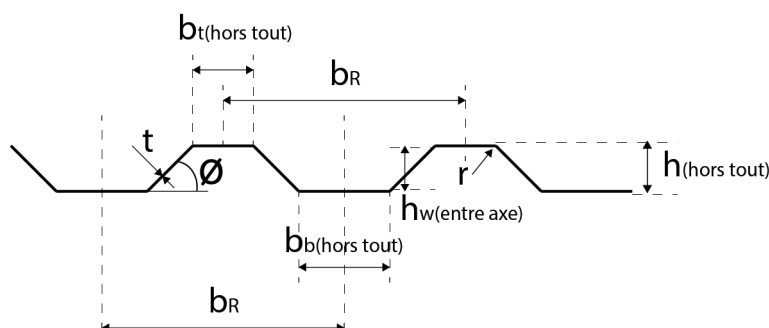


Pour des géométries de répartition des perforations non triangulaire, il est loisible de retenir une approche par calculs selon l'article « Load bearing capacity of perforated trapézoïdal sheeting (T Misiek and H Saal) ».

## L. 6. Documents justificatifs des capacités résistantes à établir

La note de calculs détaillée comprend les éléments suivants :

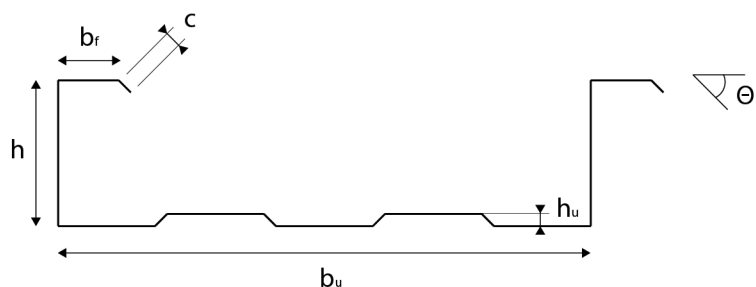
- Caractéristiques géométriques du profil :
  - coupe transversale du profil avec les cotations ;
  - rayons d'arrondi  $r$  ;
  - épaisseur nominale  $t_{\text{nom}}$  ;
  - largeur de la plaque  $L_p$  ;
  - dimension (largeur  $L_a$  et  $s_s$ ) considérée pour les appuis de rives et intermédiaires ;
  - distance entre l'appui et l'extrémité du profil.
- Matériaux :
  - limite élasticité de base  $f_y = f_{yb}$  ;
  - limite de ruine  $f_u$  ;
  - Module d'Young  $E$ .
- Hypothèses de calculs :
  - Portée  $L_1 = L_2$  du calcul ;
  - $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = \gamma_{M,ser} = 1,00$ .
- La note de calcul intégrera au minimum les éléments suivants :
  - vérification des critères d'application de l'Eurocode 3 partie 1-3 ;
  - fournir les calculs en pression et dépression, en travée et sur appui, pour les ELU et ELS.



▲ Figure L. 1a. Caractéristiques géométriques d'une plaque de bardage







▲ Figure L. 2 : Caractéristiques géométriques d'un plateau

Objet	Unités
Profondeur des nervures de plage $h_u$	mm
Largeur nervure haute $b_f$	mm
Hauteur du plateau $h$	mm
Largeur du plateau $b_u$	mm
Longueur du bord tombé $c$	mm
Angle de $c$	°
Espacement fixations ou écarteurs $s_f$	mm
Rayons de courbure moyens $r_m$	mm
Épaisseur réelle du profil $t$	mm
Épaisseur nominale $t_{nom} = t$	mm
Perforation	oui/non
Diamètre de perforation $d$	mm
Espacement entre perforations $a$	mm
Pourcentage de vide	%
Limite d'élasticité de base $f_y = f_{yb}$	MPa
Limite de ruine de la tôle du plateau $f_u$	MPa
$L_1$ portée travée 1	m
$L_2$ portée travée 2	m
$c$ Distance entre appui (charge) et bord libre	mm
$s_s$ Largeur d'appui	mm
$L_a$ largeur d'appui	mm
$t_s$ épaisseur de la tôle support	mm
$f_u$ limite de rupture de la tôle support	MPa
$\gamma_{M0}$	
$\gamma_{M1}$	
$\gamma_{M2}$	
$d$ Diamètre de fixation	mm
$d_w$ Diamètre de la rondelle d'étanchéité	mm
$s$ Pas de filetage	mm
Nombre de fixations par appui	unités
$F_{t,Rd}$ Résistance des vis à la traction	KN
$F_{v,Rd}$ Résistance des vis au cisaillement	KN
Prise en compte de la déformation transversale des sections	Procédure Eurocode 3 1.3 ou procédure décrite en L7.7

▲ Tableau L. 2 : Exemple de tableau type pour un plateau

## L. 7. Procédure de détermination des performances mécaniques des sections

Il convient de prendre en compte les effets du traînage de cisaillement, conformément au paragraphe 6.1.4.3 et 10.2, pour les plateaux, de la norme NF EN 1993-1-3.

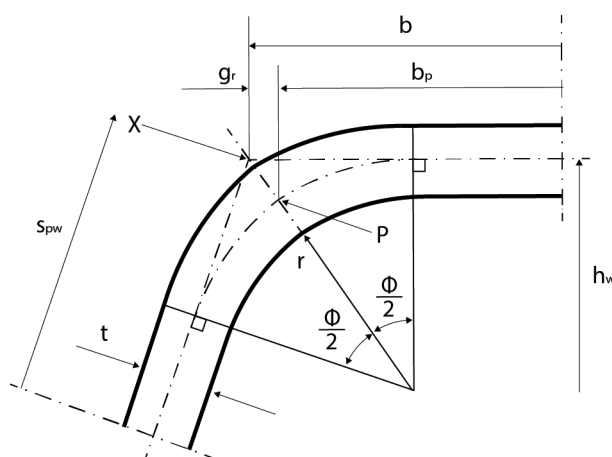
Lorsqu'il est considéré, le traînage de cisaillement dépend de la portée étudiée et il est à prendre en compte sur la semelle comprimée et tendue aux ELU et ELS.

La déformation transversale des semelles comprimées, au sens du paragraphe 5.4 de la norme NF EN 1993-1-3, peut être considérée.

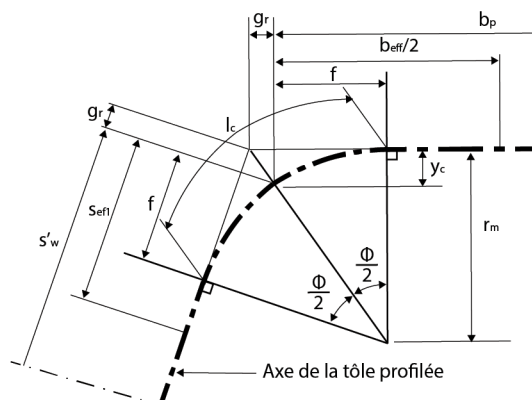
L'analyse doit tenir compte de l'influence des arrondis selon les critères définis par le paragraphe 5.1 de la norme NF EN 1993-1-3.

L'étude de l'influence des arrondis constitue l'étape préliminaire obligatoire à toute analyse de la section du profil.

En complément de la figure 5.1 de la NF EN 1993-1-3, dont un extrait est repris ci-après, les paramètres  $f$  et  $y_c$  doivent être déterminés comme suit :



▲ Figure L. 3. Géométrie de l'angle (Extrait de la figure 5.1 de la norme NF EN 1993-1-3)



$$l_c = r_m \times \Phi$$

$$r_m = r + \frac{t}{2}$$

$$f = r_m \times \sin \frac{\Phi}{2}$$

$$y_c = r_m \left( 1 - \frac{\sin \Phi}{\Phi} \right)$$

▲ Figure L. 4. Compléments pour l'influence des arrondis

Les calculs de largeurs efficaces selon la NF EN 1993-1-5 sont toujours effectués (que les arrondis soit pris en compte ou non) à partir des largeurs  $b_{p,i} = b_i - 2g_{r,i}$  ( $i$  indique le numéro de la partie de profil considérée seul).

Lorsque l'influence des arrondis est à considérer, la partie plane de la partie efficace de la paroi vaut :  $b_{ei} = b_{eff,i}/2 - f$  avec  $b_{eff,i} = \rho \times b_{p,i}$ .

Lorsque l'influence des arrondis n'est pas à considérer (5.1.3, NF EN 1993-1-3), la largeur efficace vaut :  $b_{ei} = b_{eff,i}/2$ , avec  $b_{eff,i} = \rho \times b_{p,i}$ .

Lorsque le traînage de cisaillement ( $\beta \leq 1$ ) est considéré :  $b_{ei} = b_{eff,i}/2 \times \beta - f$  avec  $b_{eff,i}$  ( $\beta$ , coefficient de traînage de cisaillement).

L'influence des arrondis des raidisseurs peut ne pas être à considérer dans l'application de la présente procédure.

Les raidisseurs sont considérés suffisamment raides pour ne pas être sujets au voilement local.

Pour les profils, la résistance au moment fléchissant  $M_{c,Rd}$  selon les paragraphes 6.1.4.1 et 6.1.4.2 de la norme NF EN 1993-1-3 doit être déterminée pour les deux sens du profil :

- En sens « positif » du profil (utilisation normale du profil en pression) pour la résistance au moment fléchissant en travée : la plage comprimée est alors la plage supérieure.
- En sens « négatif » du profil pour la résistance au moment fléchissant sur appui : la plage comprimée est alors la plage inférieure.

La résistance élastique au moment fléchissant d'un plateau  $M_{c,Rd}$  est déterminée selon le paragraphe 10.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance aux efforts de cisaillement de l'âme d'un profil  $V_{b,Rd}$  ou d'un plateau doit être évaluée selon le paragraphe 6.1.5 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance transversale locale d'une âme d'un profil ou d'un plateau  $R_{w,Rd}$ , sous l'action d'une réaction d'appui, doit être déterminée selon les paragraphes 6.1.7.1, 6.1.7.3 et 6.1.7.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance de la section d'un profil ou d'un plateau à la combinaison du moment sur appui et de la réaction d'appui doit être évaluée selon le paragraphe 6.1.11 de la norme NF EN 1993-1-3.

### **L. 7.1. Profils sans raidisseurs – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU**

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

La première étape de l'analyse consiste à déterminer la position provisoire de l'axe neutre en considérant l'âme en section complète et l'aile comprimée en section réduite.

La seconde étape de l'analyse consiste à déterminer la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme :

- En considérant la position provisoire de l'axe neutre précédemment établie.
- En appliquant les prescriptions du paragraphe 5.5.3.4.3 sur la base de la figure 5.12 de la norme NF EN 1993-1-3 : équations (5.32), (5.33a) et (5.33f), pour déterminer la partie effective :  $s_{eff,0} + s_{eff,n}$ .
- En retranchant éventuellement la partie non efficace de l'âme sujette au voilement local.

En alternative de cette seconde étape, la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme peut être déterminée en considérant le cas  $\psi < 0$  du tableau 4.1 de la norme NF EN 1993-1-5.

La position finale de l'axe neutre est déterminée en considérant la section efficace ainsi déduite de l'application des étapes précédentes.

Un calcul itératif du rapport de contraintes  $\psi$ , à raison de deux pas minimum, peut être mené pour affiner la position finale de l'axe neutre.

Les caractéristiques de la section ; moment et module d'inertie, sont établies en se basant sur la position finale de l'axe neutre plastique.

### **L. 7.2. Profils avec un raidisseur au moins dans la plage comprimée – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU**

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La première étape de l'analyse consiste à déterminer la position provisoire de l'axe neutre en considérant l'âme en section complète et l'aile comprimée en section réduite :

- Détermination des portions effectives de part et d'autre du (ou des) raidisseur(s) en application du paragraphe 4.4 de la norme EN 1993-1-5 sur la base de la figure 5.11 de la norme NF EN 1993-1-3.
- Détermination de l'aire et du moment d'inertie du (ou des) raidisseur(s) suivant la figure 5.11 de la norme NF EN 1993-1-3.
- Détermination de la contrainte critique de flambement élastique selon 5.5.3.4.2 (2), 5.5.3.4.2 (3) ou 5.5.3.4.2 (3) selon le cas (nombre de raidisseurs).
- Détermination du coefficient de réduction  $\chi_d$  pour la résistance au flambement par distorsion selon 5.5.3.1 (7) de la norme NF EN 1993-1-3 et de l'épaisseur réduite  $t_{red}$  de la partie effective du raidisseur selon la figure 5.10.
- Détermination de la position provisoire de l'axe neutre.

La seconde étape de l'analyse consiste à déterminer la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme :

- En considérant la position provisoire de l'axe neutre précédemment établie,
- En appliquant les prescriptions du paragraphe 5.5.3.4.3 sur la base de la figure 5.12 de la norme NF EN 1993-1-3 : équations (5.32), et (5.33a) et (5.33f), pour déterminer la partie effective  $s_{eff,i}$   $s_{eff,n}$ .
- En retranchant éventuellement la partie non efficace de l'âme sujette au voilement local.

En alternative de cette seconde étape, la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme peut être déterminée en considérant le cas  $\psi < 0$  du tableau 4.1 de la norme NF EN 1993-1-5.

La position finale de l'axe neutre est déterminée en considérant la section efficace ainsi déduite de l'application des étapes précédentes.

Un calcul itératif du rapport de contraintes  $\psi$ , à raison de deux pas minimum, peut être mené pour affiner la position finale de l'axe neutre.

Les caractéristiques de la section ; moment et module d'inertie, sont établies en se basant sur la position finale de l'axe neutre plastique.

### **L. 7.3. Profils avec un raidisseur au moins dans la plage comprimée et un raidisseur au moins dans l'âme – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU**

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La première étape de l'analyse consiste à déterminer la position provisoire de l'axe neutre en considérant l'âme en section complète et l'aile comprimée en section réduite :

- Détermination des portions effectives de part et d'autre du (ou des) raidisseur(s) en application du paragraphe 4.4 de la norme NF EN 1993-1-3 sur la base de la figure 5.11 de la norme NF EN 1993-1-3.
- Détermination de l'aire et du moment d'inertie du (ou des) raidisseur(s) suivant figure 5.11 de la norme NF EN 1993-1-3.
- Détermination de la contrainte critique de flambement élastique selon 5.5.3.4.2 (2), 5.5.3.4.2 (3) ou 5.5.3.4.2 (3) selon le cas (nombre de raidisseurs).
- Détermination du coefficient de réduction  $\chi_d$  pour la résistance au flambement par distorsion selon 5.5.3.1 (7) de la norme NF EN 1993-1-3 et de l'épaisseur réduite de la partie effective du raidisseur selon figure 5.10.
- Détermination de la position provisoire de l'axe neutre.

La seconde étape de l'analyse consiste à déterminer la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme :

- En considérant la position provisoire de l'axe neutre précédemment établie.
- En appliquant les prescriptions du paragraphe 5.5.3.4.3 sur la base de la figure 5.12 de la norme NF EN 1993-1-3 : équations (5.32), et (5.33a) à (5.33f), pour déterminer la partie effective égale à la somme de l'ensemble des portions effectives  $s_{eff,1}$  à  $s_{eff,n}$ .
- En corrigeant les portions effectives selon 5.5.3.4.3 (6).
- En déterminant les aires efficaces du ou des raidisseurs selon 5.5.3.4.3 (3) et les inerties efficaces (du ou des) raidisseur(s) selon la figure 5.11.
- En calculant la contrainte critique de flambement élastique (du ou des) raidisseur(s) d'âme selon 5.5.3.4.3 (7) et consécutivement la contrainte critique élastique modifiée selon 5.5.3.4.4.
- En déterminant le coefficient de réduction  $\chi_d$  pour la résistance au flambement par distorsion selon 5.5.3.1 (7) et l'épaisseur réduite de la partie effective des raidisseurs de semelle et d'âme comprimée selon figure 5.10.

La position finale de l'axe neutre est déterminée en considérant la section efficace ainsi déduite de l'application des étapes précédentes.

Un calcul itératif du rapport de contraintes  $\psi$ , à raison de deux pas minimum, peut être mené pour affiner la position finale de l'axe neutre.

Les caractéristiques de la section ; moment résistant et module d'inertie efficace, sont établies en se basant sur la position finale de l'axe neutre plastique.

#### **L. 7.4. Profils avec un raidisseur au moins dans l'âme – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU**

L'analyse s'effectue en application des prescriptions des paragraphes 5.5.2 et 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La première étape de l'analyse consiste à déterminer la position provisoire de l'axe neutre en considérant l'âme en section complète et l'aile comprimée en section réduite.

La seconde étape de l'analyse consiste à déterminer la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme :

- En considérant la position provisoire de l'axe neutre précédemment établie.
- En appliquant les prescriptions du paragraphe 5.5.3.4.3 sur la base de la figure 5.12 de la norme NF EN 1993-1-3 : équations (5.32), et (5.33a) à (5.33f), pour déterminer la partie effective égale à la somme de l'ensemble des portions effectives  $s_{eff,1}$  à  $s_{eff,n}$ .

- En corrigeant les portions effectives selon 5.5.3.4.3 (6).
- En déterminant les aires efficaces du ou des raidisseurs selon 5.5.3.4.3 (3) et les inerties efficaces du ou des raidisseurs selon la figure 5.11.
- En calculant la contrainte critique de flambement élastique du ou des raidisseurs d'âme selon 5.5.3.4.3 (7).
- En déterminant le coefficient de réduction  $\chi_d$  pour la résistance au flambement par distorsion selon 5.5.3.1 (7) et l'épaisseur réduite de la partie effective du ou des raidisseurs d'âme selon figure 5.10.

La position finale de l'axe neutre est déterminée en considérant la section efficace ainsi déduite de l'application des étapes précédentes.

Un calcul itératif du rapport de contraintes  $\psi$ , à raison de deux pas minimum, peut être mené pour affiner la position finale de l'axe neutre.

Les caractéristiques de la section ; moment résistant et module d'inertie efficace, sont établies en se basant sur la position finale de l'axe neutre plastique.

#### **L. 7.5. Capacités résistantes des profils aux ELS et inertie efficaces associées aux ELS**

Les calculs selon l'annexe E de la NF EN 1993-1-5 sont menés en prenant :

- une contrainte  $\sigma_{com,Ed} = f_{yb}$  lorsque l'on recherche le moment résistant élastique (cf. N.3) ;
- deux valeurs de contraintes  $\sigma_{com,Edmin}$  et  $\sigma_{com,Edmax}$  lorsque l'on cherche à tracer la droite (ou la courbe)  $M_{c,Rd}$  (service) fonction de  $(I_{eff})$  ; confère L. 7.8.

#### **L. 7.6. Tôles ondulées**

##### **a) Résistance en flexion**

La résistance en flexion des profils ondulés  $M_{c,Rd}$  peut être calculée selon l'Eurocode 3 parties 1.3 à partir de la méthode des sections efficaces ou à partir de la formule forfaitaire suivante issue de la NF EN 1993-4-1 ou par essai selon l'[Annexe M].

$$M_{cRd} = \frac{260 \times h_w \times t \times f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{N.mm / mm})$$

Avec :

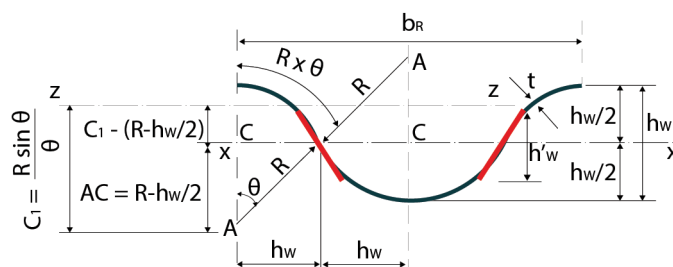
$h_w$  : hauteur du profil (mm) ;

$t$  : épaisseur du profil en (mm) ;

$f_y$  : limite d'élasticité de la tôle ondulée (MPa).

## b) Résistance à l'effort tranchant

La résistance à l'effort tranchant peut être évaluée en considérant les parties planes inclinées de chaque onde (Figure L5).



▲ Figure L. 5. Partie d'âme considérée pour la résistance à l'effort tranchant

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h'_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$C_1 = \frac{R \sin \theta}{\theta}$$

$$h'_w = 2 \left( C_1 - R - \frac{h_w}{2} \right)$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} - \theta$$

## c) Résistance à la compression

La résistance à la compression peut être évaluée par essais selon l'[Annexe M].

### Note

A la date de publication du présent document, des recherches européennes sont en cours sur ce sujet pour certains types d'ondulations.

## d) Résistance à l'arrachement des vis

La résistance à l'arrachement (en Newton) des vis de fixation peut être établie par la formule suivante ou par essai selon l'[Annexe M] :

$$R_k = t \times R_m \times \left( 1.263 \times d_w + 10.00 \times t \times \frac{h}{b_r} - 11.67 \times t \times \frac{d_w}{r} \right)$$

Et

$$F_{t,Rd} = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Avec :

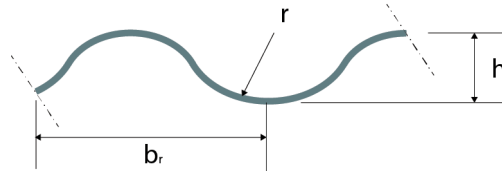
$R_m$  : supérieur ou égale à 300 MPa ;

$d_w$  : diamètre de la rondelle d'étanchéité (entre 10 et 16 mm) ;

$t$  : épaisseur du profil (entre 0,63 à 1,5 mm) ;



- $h$  : hauteur hors tout du profil (entre 17 et 55 mm) ;  
 $b_r$  : le pas d'onde entre (75 et 180 mm) ;  
 $r$  : rayon entre (24 et 50 mm).



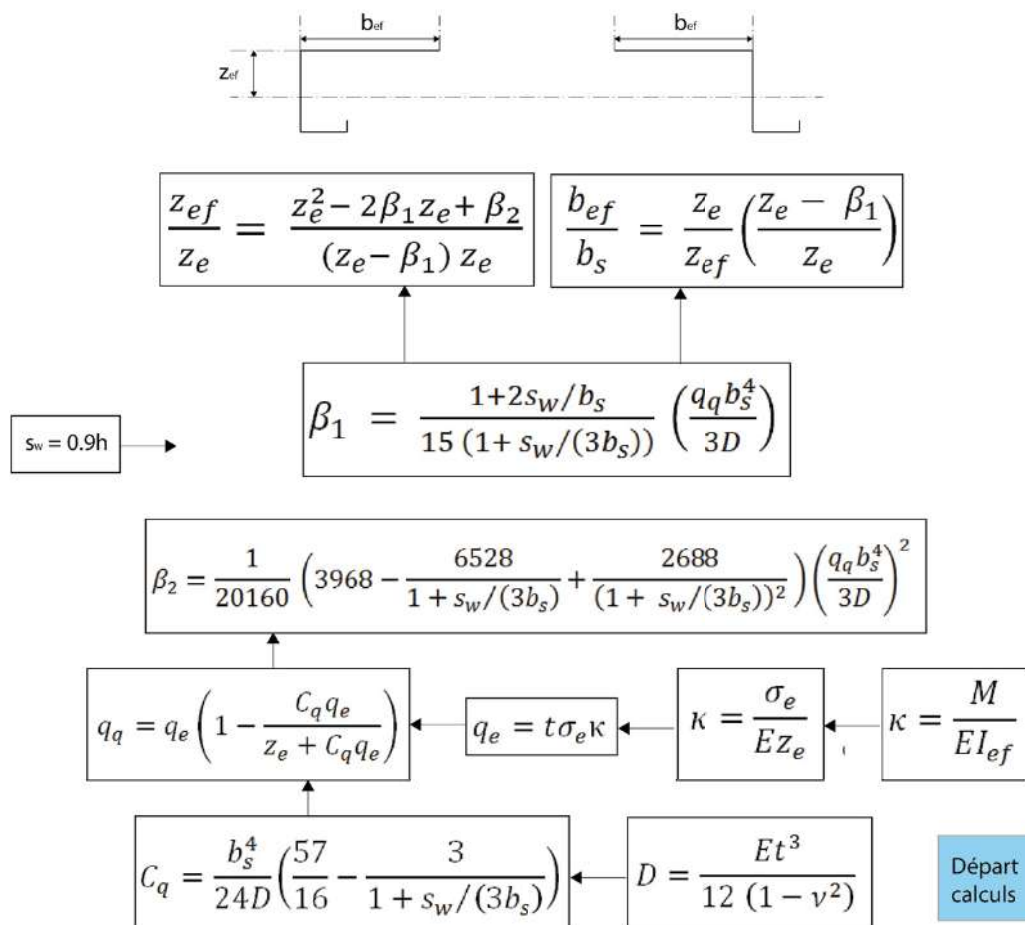
▲ Figure L. 6. Résistance à l'arrachement des vis de fixation

Par ailleurs, il doit être vérifié la tenue de la tôle ondulée au support via  $F_{o,Rd}$  et son ancrage via un  $P_k/\gamma_M$ .

### L. 7.7. Prise en compte de la distorsion des sections

Le modèle FCM peut être pris en compte (cf. Nordic steel 2012 construction conférence)

Le principe de la démarche est donné dans l'organigramme ci-dessous :



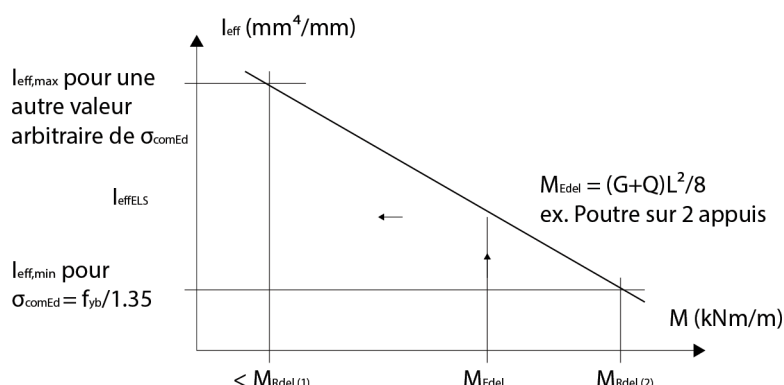
*Note : Les erreurs de publications dans l'article original ont été corrigées dans l'organigramme ci-dessus*

▲ Figure L. 7. Organigramme de prise en compte de la déformation transversale des sections

## L. 7.8. Inertie effective aux ELS

En alternative au paragraphe 7.1 de la norme NF EN 1993-1-3 ; il est admis d'appliquer les procédures d'analyse définies ci-avant, en considérant le paragraphe E.1 de l'annexe E de la norme NF EN 1993-1-5, pour la détermination du moment d'inertie de la section effective du profil.

Il est également admis de fixer arbitrairement différents niveaux de contraintes  $\sigma_{comEd}$ , inférieure ou égale à  $f_{yb}$ , ou de procéder par itérations/résolution d'optimums de l'équation E.2 de la norme NF EN 1993-1-5.



Estimation du moment d'inertie aux ELS

▲ Figure L. 8. Exemple de courbe des inerties efficaces fonction des moments aux ELS

Plusieurs couples de points ( $M ; I_{eff}$ ) peuvent être établis pour remplacer la droite par une courbe.

## L. 7.9. Résistance élasto-plastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 6.1.4.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

En première alternative à 6.1.4.2 (3), le calcul de  $b_c$  peut se baser sur une répartition bilinéaire des contraintes, en supposant  $\psi = -1$ , et en application du paragraphe 4.4 de la norme NF EN 1993-1-5.

En seconde alternative à 6.1.4.2 (3), l'axe neutre peut être déterminé par résolution de l'équilibre des forces en déterminant la contrainte locale et la section effective de chaque portion plate de la section du profil.

Lorsque le profil est en pose hyperstatique. Il est également possible d'effectuer par calculs une analyse plastique-plastique des sections, mais dans ce cas, un contrôle de la capacité résistante doit être effectué selon la procédure d'essais définis dans l'[Annexe M].

**L. 7.10. Détermination des capacités résistantes des profils en acier inoxydable**

Les recommandations suivantes s'appliquent en complément de l'Eurocode 3-1-3 :

Design manual for structural stainless steel (third edition) 18 avril 2006 – stainless steel from the steel construction institute.

**L. 7.11. Plateau – Détermination des capacités résistantes élastiques au moment aux ELU**

Le paragraphe 10.2 de l'Eurocode 3-1-3 s'applique.

Il convient de déterminer d'une part le moment correspondant à la plage comprimée d'autre part le moment résistant correspondant à la plage tendue.

**a) Plage comprimée**

Dans le cas de la plage comprimée, il est possible de prendre en compte l'effet du couturage des lèvres des plateaux dans la rigidité du ressort permettant le calcul de la section efficace des lèvres.

La performance système (plateau + écarteur+ plaque) peut être prise en compte dans la détermination des efforts agissant sur le plateau.

Les moments agissants sur appuis peuvent être pris en compte au nu des appuis.

**b) Plage tendue**

Dans le cas de la plage tendue, la largeur efficace de la plage  $b_{u,eff}$  doit être déterminée en tenant compte de sa déformation transversale.

$b_{u,eff}$  peut être établi selon la procédure FCM en alternative à la formule 10.20 (cf. nordic steel 2012 construction conférence).

Lorsque  $b_{u,eff}$  est établie à partir de la formule 10.2, la capacité résistante en flexion du plateau dépend de la portée considérée.

**L. 7.12. Plateau – Détermination des capacités résistantes élastiques au moment aux ELS**

Pour le dimensionnement des plateaux aux ELS, il est admis de considérer une contrainte de :

$$1,0 \times \sigma_{comEd}$$

$$\text{Avec : } \sigma_{comEd} = f_{yb}$$

**L. 7.13. Détermination des capacités résistantes des assemblages**

La capacité résistante des assemblages est établie à partir de la charge minimum issue de la résistance de la vis en traction, l'ancrage de la vis sur son support, la capacité de déboutonnage sur le support.

Voir notamment le Tableau 8.2 Résistances de calcul pour les vis auto taraudeuses 1) pour déterminer les différentes capacités résistantes.



## **ANNEXE M – PROCÉDURES APPLICABLES POUR LA DÉTERMINATION DES PERFORMANCES SELON LA NF EN 1993-1-3 DES PLATEAUX ET DES PLAQUES NERVURÉES OU ONDULÉES DE BARDAGE PAR ESSAIS**

### **M.1. Dispositions minimales**

#### **M.1.1. Conditions sur les échantillons**

Les épaisseurs de tôles et la limite d'élasticité des échantillons doivent respecter les conditions fixées au paragraphe A. 6.2 de la NF EN 1993-1-3 :

- La limite d'élasticité réelle mesurée ne doit pas être inférieure à la limite d'élasticité nominale de plus de 25%.
- L'épaisseur réelle mesurée ne doit pas être supérieure à l'épaisseur nominale de plus de 12%.

#### **M.1.2. Nombre d'échantillons composants les maquettes**

##### **M.1.2.1. Plateaux**

La maquette sera composée au minimum de trois plateaux assemblés côte à côte et représentant chacun un échantillon de produit à tester.

##### **M.1.2.2. Plaques nervurées ou ondulées**

La maquette sera composée au minimum d'une plaque nervurée ou ondulée représentant un échantillon de produit à tester.

#### **M.1.3. Nombre d'essais minimum**

Le nombre d'essais minimum par portée et par épaisseur est de deux.

Pour un produit, un minimum de douze essais est nécessaire.

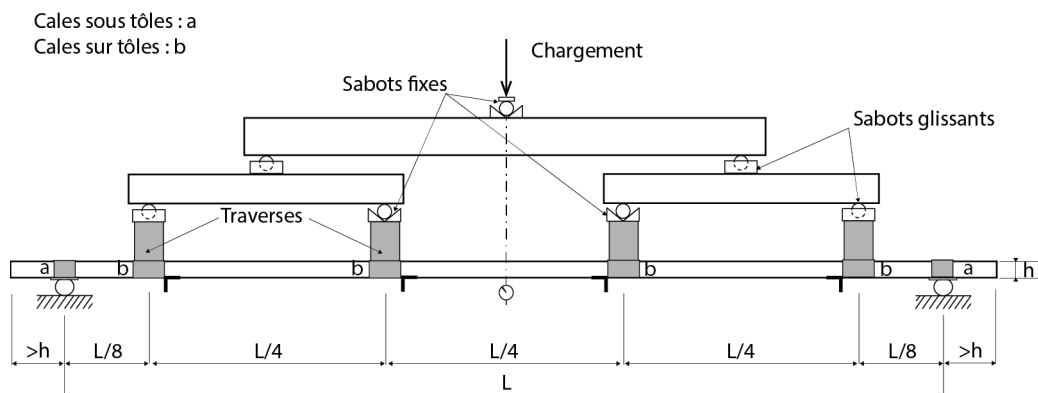
Ils se répartissent comme suit :

- Flexion positive :
  - o 1 portée en travée simple ;
  - o 3 portées en appui intermédiaire ;
  - o 1 essai d'appui d'extrémité.
- Flexion négative :
  - o 1 portée en travée simple.

## M.2. Mode opératoire

### M.2.1. Essais en travée simple

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :



▲ Figure M.1 : Essais de flexion en travée simple

Les maquettes sont posées librement sur les appuis articulés.

Les dispositifs sur appuis peuvent être constitués d'un plat dont les dimensions minimales sont les suivantes :

- 80 × 8 mm pour les plateaux
- 60 × 8 mm pour les plaques nervurées et ondulées.

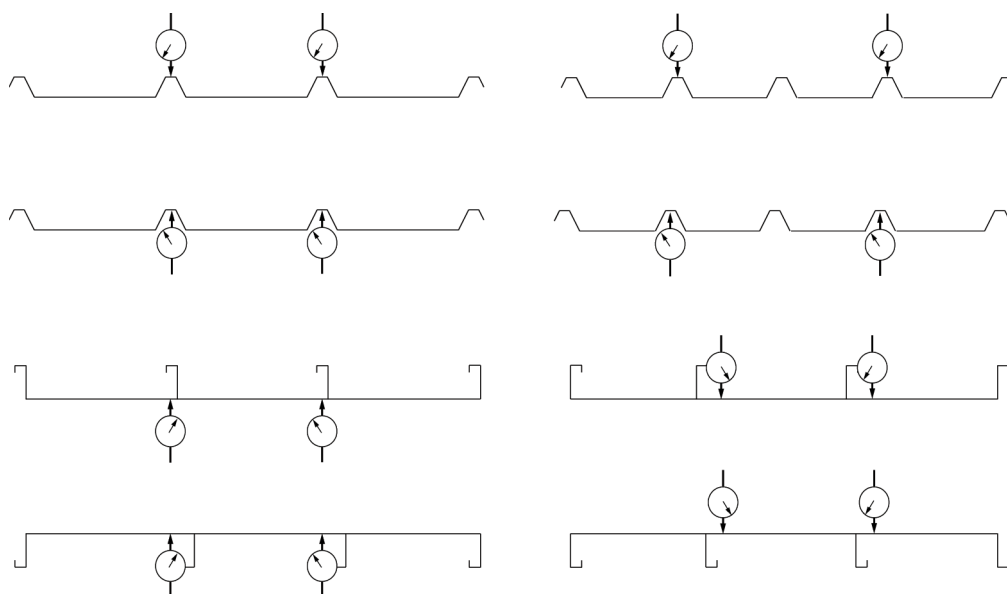
Il est possible de fixer la tôle sur le plat ; les appuis restant articulés.

La portée d'essai doit permettre d'atteindre une charge minimum de 1,00 kN/m<sup>2</sup> pour une flèche de L/200.

Le chargement est appliqué à vitesse constante jusqu'à la ruine du profil. La ruine ne doit pas être atteinte avant cinq minutes.

Les flûtes métalliques sont constituées par des plats (30 × 2 mm minimum) ou des cornières (30 × 30 × 1 mm minimum). Elles sont fixées aux nervures ou lèvres de rives par rivets aveugles ou vis autoperceuses. Elles sont disposées perpendiculairement aux nervures principales ou aux lèvres. Leur écartement peut être adapté à la taille de la maquette.

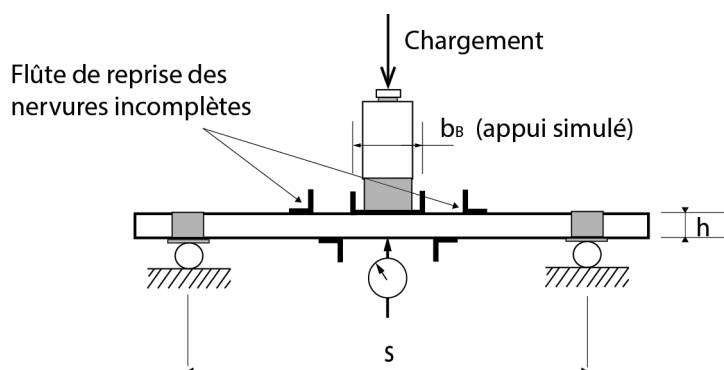
Les dispositifs de mesures des flèches sont positionnés, dans le sens transversal, de la manière suivante :



▲ Figure M.2: Positionnement des dispositifs de mesures

### M.2.2. Essais d'appuis intermédiaires

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :



▲ Figure M.3: Essais d'appuis intermédiaires

La portée  $s$  peut être prise égale à :

- $4h + b_B$  minimum,  $h$  étant la hauteur du profil
- $0,4 L_{\max}$  maximum,  $L_{\max}$  étant la portée maximale visée.

Les dispositions de calage sur les appuis d'extrémités peuvent être prises à l'identique de l'essai de flexion simple.

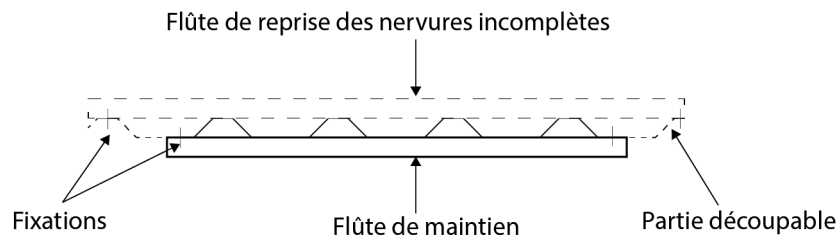
Le chargement est monotone croissant, avec une vitesse de chargement idem à précédemment.

La largeur d'appui  $b_B$  doit être égal au moins à :

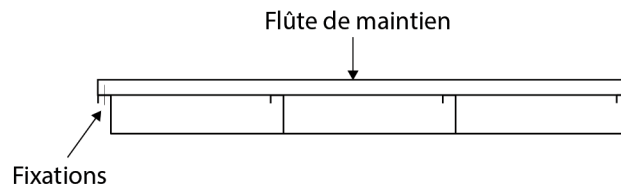
- 80 mm pour les plateaux
- 60 mm pour les plaques nervurées et ondulées.

La largeur maximum doit être de 200 mm.

Pour les plaques nervurées, le découpage des rives longitudinales est admis, de manière à avoir un nombre entier de nervures (au milieu du sommet de nervure). Dans le cas contraire, on dispose de flûtes en partie supérieure (comme montré ci-dessous).



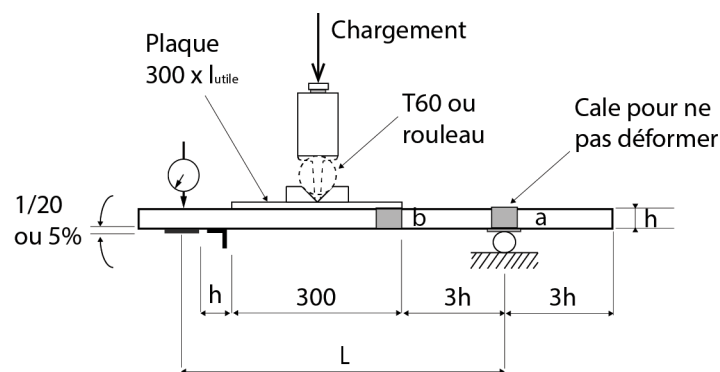
▲ Figure M.4: Positionnement des flûtes sur une plaque nervurée



▲ Figure M.5: Position des flûtes sur un plateau

### M.2.3. Essais d'appuis d'extrémité

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :



▲ Figure M.6: Essai d'appui d'extrémité

La portée  $L$  (mm) d'essais est prise égale à :  $3 \times (h + 150)$ , avec  $h$  en mm.

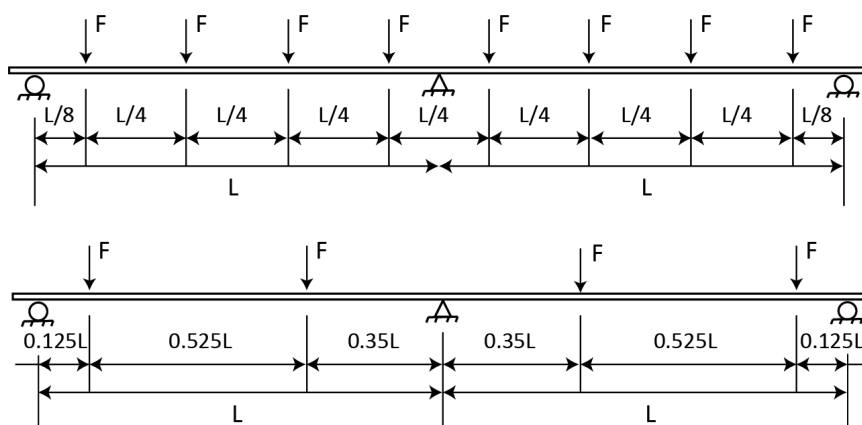
Le chargement est monotone croissant, avec une vitesse de chargement idem à précédemment. L'essai doit être poursuivi après avoir atteint la charge maximale. La vitesse de déplacement de traverse peut être augmentée après avoir atteint la charge maximale.

La réaction d'appui peut être déduite par calcul, ou par mesure directe de l'effort sur appui.

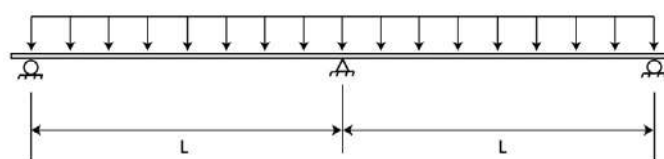
### M.2.4. Essais en travée double

La NF EN 1993-1-3 s'applique et notamment le paragraphe A. 2.3 (Figure M.7) et (Figure M.8).

Il est loisible de mesurer la réaction d'appui central en vue d'établir le moment résiduel sur cette appui.



▲ Figure M.7: Dispositif pour déterminer la résistance en travée double



▲ Figure M.8: Dispositif pour déterminer la résistance en travée double

### M.3. Interprétation des résultats

#### M.3.1. Calculs des résistances

Pour chaque essai  $i$ , il faut calculer la valeur ajustée de la résistance  $R_{adj,i}$  à partir de la valeur observée  $R_{obs,i}$  de la manière suivante :

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu_R$$

Avec :

- $\mu_R$  : coefficient d'ajustement de la résistance (défini au paragraphe A. 6.2 (5) de la norme NF EN 1993-1-3) ;
- $R_{adj,i}$  : résultat d'essai  $i$  ajusté ;
- $R_{obs,i}$  : résultat d'essai  $i$  observé.

La résistance caractéristique  $R_k$  dépend du nombre d'essais réalisés pour une famille ayant les mêmes paramètres (portée, épaisseur, largeur d'appuis) :

- Pour une famille de 2 ou 3 essais :

$$R_k = \eta_k \times R_m$$

- Pour une famille de 4 essais au moins :

$$R_k = R_m \pm k \times s$$

Où :

- $R_m$  : Valeur moyenne des résultats d'essais ajustés  $R_{adj}$  ;
- $\eta_k$  : Coefficient dépendant du mode de ruine :
  - o Ruine par plastification :  $\eta_k = 0,9$
  - o Déformation :  $\eta_k = 0,9$



- o Flambement local :  $\eta_k = 0,8$
- o Instabilité globale :  $\eta_k = 0,7$
- k : Coefficient dépendant du nombre d'essais (voir tableau ci-dessous) : coefficient dépendant du nombre d'essais.

N (nombre d'essais)	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
k	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

- s : l'écart-type des valeurs ajustées  $R_{adj}$  de la famille d'essais.

### M.3.2. Calcul de l'inertie

Elle est déterminée par la moyenne d'au moins deux résultats individuels d'essai en travée simple.

### M.3.3. Dispositions dans le cas de calcul plastique/plastique

Dans le cas d'un dimensionnement par calcul en plastique/plastique à l'ELU, la performance mécanique des profils doit être contrôlée par essai.

### M.3.4. Supervision des essais

Les essais mécaniques sont supervisés par une tierce partie indépendante compétente en éléments minces en acier.

# ANNEXE N – PROCÉDURES D'ÉTABLISSEMENT DES TABLEAUX DE CHARGES/ PORTÉES ET DES FICHES TECHNIQUES SUIVANT LES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

## N.1. Valeurs de calcul (suivant toutes méthodes essais ou calculs)

Pour chaque peau ou plateau, il y a lieu de déterminer les valeurs de calcul suivant les tableaux N.1a ou N.1b ci-dessous fonction de la méthode de dimensionnement retenue.

VALEURS DE CALCUL					EPAISSEURS (mm)				
Classe de tolérance : .....Nuance d'acier : .....					0,63	0,75	0,88	1,00	1,25
Masse surfacique		kg/m <sup>2</sup>	M						
Pression	Moments d'inertie cm <sup>4</sup> /ml	Travée simple	I <sub>2</sub>						
		deux Travées Egales	I <sub>3</sub>						
		Continuité	I <sub>m</sub>						
	Moments de flexion m.daN/ml	en Travée	système élastique	M <sub>2T</sub>					
			système élasto-plastique	M <sub>3T</sub>					
		sur appui	M <sub>3A</sub>						
	Réaction sur appui.....daN/ml		R						
Dépression	Moments d'inertie cm <sup>4</sup> /ml	Travée simple	I' <sub>2</sub>						
		deux Travées Egales	I' <sub>3</sub>						
		Continuité	I' <sub>m</sub>						
	Moments de flexion m.daN/ml	en Travée	système élastique	M' <sub>2T</sub>					
			système élasto-plastique	M' <sub>3T</sub>					
		sur appui	M' <sub>3A</sub>						
	Réaction sur appui.....daN/ml		S <sub>a</sub>						

▲ **Tableau N.1.a:** Valeurs des capacités résistantes des profilés de bardages simples et double peau dans le cas d'un dimensionnement aux états limites selon l'Annexe E (méthode de calculs C ou D de l'article 6.1.3)

Le minimum de fixation est utilisé lors des essais en vue de valider leur capacité résistante.

Les vérifications des assemblages sont effectuées selon le paragraphe 8.4.2.

VALEURS DE CALCUL				EPAISSEURS (mm)				
Classe de tolérance :		Nuance d'acier :		0,63	0,75	0,88	1,00	1,25
Masse surfacique		kg/m <sup>2</sup>		M				
Pression	Moments d'inertie cm <sup>4</sup> /ml	Pour $\sigma_{comEd \min}$		$I_{effmax}$				
		Pour $\sigma_{comEd \max}$		$I_{effmin}$				
	Moments de flexion résistant m.daN/ml	en Travée	système élastique	$M_{c,Rd}$ ou $M_{u2T}$				
			système élasto-plastique	$M_{pl,Rd}$				
		sur appui	système élastique	$M_{c,Rd}$ ou $M_{u3A}$				
			système élasto-plastique	$M_{pl,Rd}$ ou $M_{res}$				
	Effort tranchant résistant en daN/ml	Appui de rive		$V_{b,Rd}$ ou $V_{u2T}$				
		Appui intermédiaire		$V_{b,Rd}$ ou $V_{u3A}$				
	Réaction d'appui résistante en daN/ml	Appui de rive		$R_{w,Rd}$ ou $R_{u2T}$				
		Appui intermédiaire		$R_{w,Rd}$ ou $R_{u3A}$				
Dépression	Moments d'inertie cm <sup>4</sup> /ml	Pour $\sigma_{comEd \min}$		$I'_{effmax}$				
		Pour $\sigma_{comEd \max}$		$I'_{effmin}$				
	Moments de flexion résistant en m.daN/ml	en Travée	système élastique	$M'_{c,Rd}$ ou $M'_{u2T}$				
			système élasto-plastique	$M'_{pl,Rd}$				
		sur appui	système élastique	$M'_{c,Rd}$ ou $M'_{u3A}$				
			système élasto-plastique	$M'_{pl,Rd}$ ou $M_{res}$				
	Effort tranchant résistant en daN/ml	Appui de rive		$V'_{b,Rd}$ ou $V'_{u2T}$				
		Appui intermédiaire		$V'_{b,Rd}$ ou $V'_{u3A}$				
	Capacité résistante des assemblages en daN/ml	Appui de rive		Min ( $F_{p,Rd}$ , $F_{o,Rd}$ , $F_{t,Rd}$ ) ou $F'_{u2T}$				
		Appui intermédiaire		Min ( $F_{p,Rd}$ , $F_{o,Rd}$ , $F_{t,Rd}$ ) ou $F'_{u3A}$				

▲ Tableau N.1.b – Valeurs des capacités résistantes des profilés utilisés dans les bardages simples et double peau dans le cas d'un dimensionnement aux états limites selon les Eurocodes et les Annexes L ou M (méthode de calcul B du paragraphe 6.1.3)

Dans le cas de l'utilisation de la méthode A aux contraintes admissibles du paragraphe 6.1.3, l'[Annexe O] s'applique.

## N.2. Principe de justification des peaux extérieures et plateaux (suivant toutes méthodes essais ou calculs)

Les actions à considérer sont données dans le tableau N.2a ci-dessous. Les unités pour les portées et le Module d'Young sont données dans le tableau N.2b.

Symbole	Signification	Valeurs proposées
$W_k$	Charge normale due au vent (NV 65 modifiées 2009) x 1,20 aux ELU et x 1,00 aux ELS Ou Pression/dépression de vent de référence W (NF EN 1991-1-4 + annexe nationale + corrigendum)	En daN/m <sup>2</sup>

▲ Tableau N.2a – Actions à considérer sur le bardage

Symbole	Signification	Unité
L	Portée	m
E	Module d'Young	MPa

▲ Tableau N.2b – Unités pour les portées et le Module d'Young

### N.2.1. Pression travée simple

#### N.2.1.1. Résistance

Pour chaque cas de charge, la résistance doit être vérifiée pour une répartition élastique des sollicitations.

Le tableau N.3 définit les critères de résistance à respecter dans le cas de profils sur deux appuis en pression.

	Moment en travée	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{2T}$ ou $(M_{c,Rd})^{(*)}$
	Réaction sur appui	$0,5 L \times 1,5 \times W_k \leq (R_{w,Rd})^{(*)}$ $L \times 1,5 \times W_k \leq R^{(**)}$
	Effort tranchant	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}^{(*)}$

(\*) Dans le cas d'une vérification selon les Eurocodes.

(\*\*) Dans le cas où R est issue d'un essai 3 appuis selon l'Annexe E du présent document

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k$  = 1,2q NV 65.

▲ Tableau N.3 – Critères de résistance à vérifier en deux appuis pression

#### N.2.1.2. Flèche

Le tableau N.4 définit les critères de flèche à respecter en pression dans le cas de profil sur deux appuis.

	En travée	$0,013 \times (W_k \times L^4) / (E \times I_2) \leq L/200$ ou $L/150^{(*)}$
--	-----------	---

(\*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes.  $I_2$  est remplacé par  $I_{eff,2appuis}$  dans le cas d'un calcul selon les Eurocodes.

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

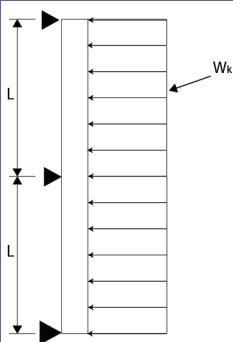
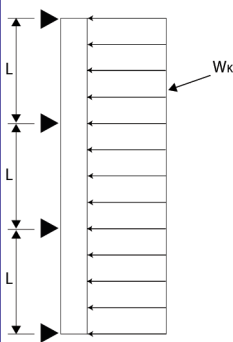
Pour la méthode C :  $W_k$  = q NV 65.

▲ Tableau N.4 – Critères de flèche à vérifier en deux appuis pression

## N.2.2. Pression travée multiple

### N.2.2.1. Résistance

Le Tableau N.5 définit les critères de résistance à respecter dans le cas d'une répartition élastique ou élasto-plastique des sollicitations pour des profils sur trois appuis ou plus en pression. La valeur de  $W_k$  dépend du référentiel de vent utilisé (cf. Tableau N.2).

Cas de charges vérifiés pour les fiches techniques		Répartition élastique (1)	Répartition élasto-plastique (**) (***) (2)
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{2T}$ ou $(M_{c,Rd}) (*)$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{3T}$ ou $(M_{pl,Rd}) (*)$
	Moment sur appui	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{d3A}$ ou $(M_{c,Rd}) (*)$	$0,125 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M_{3A}$ $0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{pl,Rd} (*)$
	Réaction sur appui	$1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R$ ou $(R_{w,Rd}) (*)$	$1,25 \times L \times 1,2 \times W_k \leq R$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R_{w,Rd} (*)$
	Effort tranchant	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd} (*)$	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd} (*)$
	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{d2T}$ ou $(M_{c,Rd}) (*)$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 W_k \leq M_{3T}$ ou $(M_{pl,Rd}) (*)$
	Moment sur appui	$0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{d3A}$ ou $(M_{c,Rd}) (*)$	$0,107 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M_{3A}$ $0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{pl,Rd} (*)$
	Réaction sur appui	$1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R$ ou $(R_{w,Rd}) (*)$	$1,143 \times L \times 1,2 \times W_k \leq R$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R_{w,Rd} (*)$
	Effort tranchant	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd} (*)$	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd} (*)$
4 appuis et plus			

1) En répartition élastique des moments de flexion et efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,5 pour le vent  $W_k$ ).

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k$  = 1,2q NV 65.

2) En répartition élasto-plastique des moments de flexion et des efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle est limitée ainsi que les déformations résiduelles par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit de 1,20.

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k$  = 1,2q NV 65.

(\*) Si les capacités résistantes sont établies par calculs ou essais selon les Eurocodes. Le moment ou l'effort tranchant ou la réaction d'appui résistant sont ceux correspondant à la section étudiée (indice 2T ou 3T ou 3A).

(\*\*) Pour l'établissement des efforts agissant sur appuis en élasto-plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel obtenu sur appuis central lors des essais, après plissement sur appui, et de déterminer les moments, efforts tranchant et réaction d'appui correspondants en travée.

(\*\*\*) Dans le cas d'essais de système plateau+ écarteurs+ profil de bardage les valeurs des moments maximum sur appui et en travée peuvent être réduites.

▲ Tableau N.5 : Critères de résistance à vérifier en 3 appuis et plus en pression

## N.2.2.2. Flèche

Le tableau N.6 définit les critères de flèche à respecter en pression dans le cas de profil sur trois appuis ou plus.

	<p>En travée (**) (***)</p>	$0,005 \times (W_k \times L^4) / (E \times I_3) \leq L/200$ <p>ou <math>L/150</math> (*)</p>
	<p>En travée (**) (***)</p>	$0,007 \times (W_k \times L^4) / (E \times I_m) \leq L/200$ <p>ou <math>L/150</math> (*)</p>

(\*)  $L/200$  selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et  $L/150$  selon les Eurocodes et  $I_3$  et  $I_m$  sont remplacés par  $I_{eff,3 \text{ appuis}}$  dans le cas d'un calcul des profils selon les Eurocodes.

(\*\*) Lorsqu'un calcul élasto-plastique est effectué selon les Eurocodes pour le profil, il faut toujours s'assurer qu'aux ELS de résistance il n'y a ni plastification en travée ou sur appuis ni plissement sur appui central.

(\*\*\*) Dans le cas d'essais de système plateau+ écarteurs+ profil de bardage les valeurs des flèches en travée peuvent être réduites.

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k$  = q NV 65.

▲ Tableau N.6 : Critères de flèche à vérifier en trois appuis et plus en pression

## N.2.3. Dépression travée simple

### N.2.3.1. Résistance

Pour chaque cas de charge, la résistance doit être vérifiée pour une répartition élastique des sollicitations.

Le tableau N.7 définit les critères de résistance à respecter dans le cas de profils sur deux appuis en dépression. La valeur de  $W_k$  dépend du référentiel de vent utilisé (cf. Tableau N.2).

	<p>Moment en travée</p>	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ <p>ou <math>(M_{c,Rd})</math> (*)</p>
	<p>Résistance des assemblages</p>	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq S_a$ $0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min} (F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	<p>Effort tranchant</p>	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}$ (*)

(\*) Dans le cas d'un dimensionnement selon les Eurocodes.

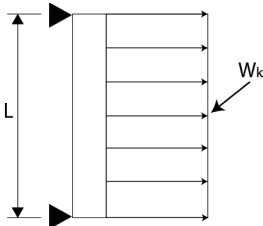
Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k$  = 1,2xq NV 65.

▲ Tableau N.7 : Critères de résistance à vérifier en deux appuis dépression

### N.2.3.2. Flèche

Le tableau N.8 définit les critères de flèche à respecter en dépression dans le cas de profil sur deux appuis.

	En travée	$0,013 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_2) \leq L/200 \text{ ou } L/150 (*)$
---	-----------	--

(\*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes  $I'_2$  est remplacé par  $I'_{\text{eff},2\text{appuis}}$  dans le cas d'un calcul selon les Eurocodes.

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

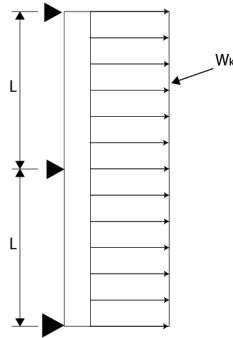
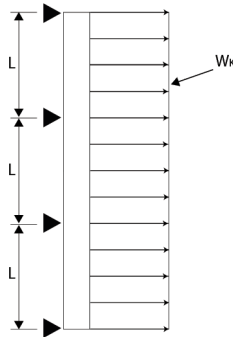
Pour la méthode C :  $W_k$  = q NV 65.

▲ **Tableau N.8** : Critères de flèche à vérifier en deux appuis dépression

## N.2.4. Dépression travée multiple

### N.2.4.1. Résistance

Le Tableau N.9 définit les critères de résistance à respecter dans le cas d'une répartition élastique ou élasto-plastique des sollicitations pour des profils sur trois appuis ou plus en dépression. La valeur de  $W_k$  dépend du référentiel de vent utilisé (cf. Tableau N.2).

Cas de charges vérifiés pour les fiches techniques		Répartition élastique (1)	Répartition élasto-plastique (**) (***) (2)
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ ou $(M'_{c,Rd})^{(*)}$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3T}$ ou $(M'_{pl,Rd})^{(*)}$
	Moment sur appui	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3A}$ ou $(M'_{c,Rd})^{(*)}$	$0,125 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M'_{3A}$ $0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{pl,Rd}^{(*)}$
	Résistance des assemblages en appui intermédiaire	$1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq S_a$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$	$1,25 \times L \times 1,2 \times W_k \leq S_a$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$
	Résistance des assemblages en appui de rive	$0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq S_a$ $0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$	$0,375 \times L \times 1,2 \times W_k \leq S_a$ $0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$
	Effort tranchant	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}$ $(*)$	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}^{(*)}$
 4 appuis et plus	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ ou $(M'_{c,Rd})^{(*)}$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 W_k \leq M'_{3T}$ ou $(M'_{pl,Rd})^{(*)}$
	Moment sur appui	$0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3A}$ ou $(M'_{c,Rd})^{(*)}$	$0,107 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M'_{3A}$ $0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{pl,Rd}^{(*)}$
	Résistance des assemblages en appui intermédiaire	$1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq S_a$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$	$1,143 \times L \times 1,2 \times W_k \leq S_a$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$
	Résistance des assemblages en appui de rive	$0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq S_a$ $0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$	$0,40 \times L \times 1,2 \times W_k \leq S_a$ $0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}$ $(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})^{(*)}$
	Effort tranchant	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}^{(*)}$	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}^{(*)}$

(1) En répartition élastique des moments de flexion et des efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,5 pour le vent  $W_k$ ).

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k = 1,2q$  NV 65.

(2) En répartition élasto-plastique des moments de flexion et des efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle est limitée ainsi que les déformations résiduelles par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit de 1,20 au lieu de 1.5.

Pour la méthode D :  $W_k$  = vent Eurocode.

Pour la méthode C :  $W_k = 1,2q$  NV 65.

(\*) si les capacités résistantes sont établies par calculs ou essais selon les Eurocodes. Le moment ou l'effort tranchant ou la réaction d'appuis résistant sont ceux correspondant à la section étudiée (indice 2T ou 3T ou 3A).

(\*\*) Pour l'établissement des efforts agissant sur appuis en élasto plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel obtenu sur appuis central lors des essais, après plissement sur appui, et de déterminer les moments, efforts tranchant et réaction d'appui correspondants en travée.

(\*\*\*) Dans le cas d'essais de système plateau+ écarteurs+ profil de bardage les valeurs des moments maximum sur appui et en travée peuvent être réduites.

▲ Tableau N.9 : Critères de résistance à vérifier en trois appuis et plus en dépression



### N.2.4.2. Flèche

Le tableau N.10 définit les critères de flèche à respecter en dépression dans le cas de profil sur trois appuis ou plus.

	En travée (**) (***)	$0,005 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_3) \leq L/200 \text{ ou } L/150 (*)$
	En travée (**) (***)	$0,007 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_m) \leq L/200 \text{ ou } L/150 (*)$

(\*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes

(\*\*) Lorsqu'un calcul élasto-plastique est effectué selon les Eurocodes pour le profil, il faut toujours s'assurer qu'aux ELS de résistance il n'y a ni plastification en travée ou sur appuis ni plissement sur appui central.

(\*\*\*) Dans le cas d'essais de système plateau+ écarteurs+ profil de bardage les valeurs des flèches en travée peuvent être réduites.

Pour la méthode D :  $W_k = \text{vent Eurocode}$ .

Pour la méthode C :  $W_k = q \text{ NV 65}$ .

▲ **Tableau N.10** : Critères de flèche à vérifier en trois appuis et plus en dépression

### N.3. Moment fléchissant combiné avec une charge concentrée ou une réaction d'appui (cas d'un dimensionnement par les Eurocodes uniquement)

Pour le moment fléchissant combiné avec une réaction d'appui, les vérifications sont effectuées selon l'Eurocode 3 partie 1-3 ch. 6.1.11 :

(1) Il convient de vérifier que les sections transversales soumises à l'action combinée d'un moment fléchissant  $M_{Ed}$  et d'un effort transversal dû à une charge localisée ou à une réaction d'appui  $F_{Ed}$  satisfont les équations suivantes :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.28a)$$

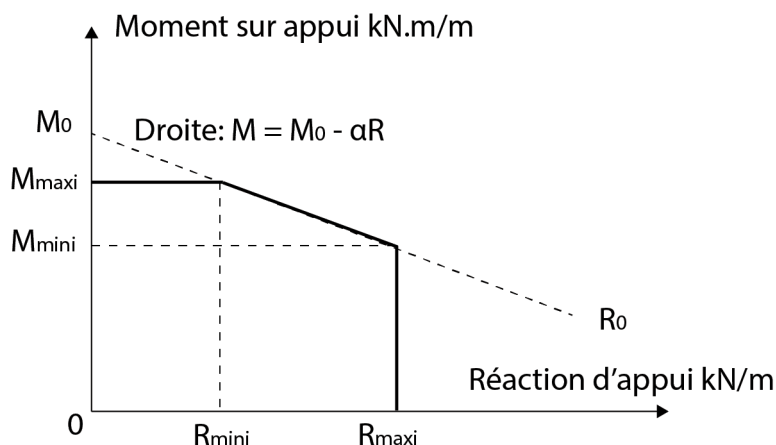
$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1 \quad (6.28b)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1.25 \quad (6.28c)$$

où :

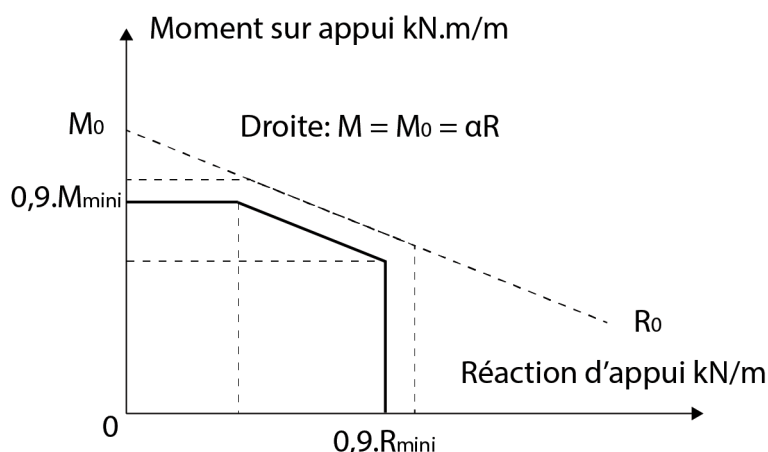
- $M_{c,Rd}$  est le moment résistant de la section transversale donné au 6.1.4.1(1) établi par calculs ou essais.
- $R_{w,Rd}$  est la valeur appropriée de la résistance transversale locale de l'âme, donnée au 6.1.7 établi par calculs ou essais.

Le moment fléchissant  $M_{Ed}$  dans l'équation (6.28c) peut être calculé au bord de l'appui. Pour les plaques nervurées comprenant au moins deux âmes,  $R_{w,Rd}$  est la somme des résistances transversales locales des âmes individuelles.



▲ Figure N.1 : Diagramme d'interaction aux ELU

Une campagne d'essais trois points selon le dispositif de la figure A. 5 de la NF EN 1993-1-3 article A 2.4, aboutit au tracé d'un contour tel que celui de la figure N.2 mettant en relation un moment négatif avec l'effort maximal observé de réaction d'appui simulé à l'essai. Les portées choisies pour les essais permettent d'explorer le domaine d'utilisation du profil.



▲ Figure N.2 Diagramme d'interaction aux ELS

Pour l'établissement des capacités résistantes en travée en élasto-plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel sur appui central, après plissement sur appui, et de déterminer les moments correspondants en travée :

(1) Dans le cas d'une analyse globale plastique (moment élasto-plastique sur appui et moment élasto-plastique en travée), il convient de



s'assurer que la combinaison moment – réaction sur un appui intermédiaire n'excède pas 0,9 fois la résistance de calcul combinée appliquée au 1,25 de la formule 6.28c, déterminée en prenant en compte  $\gamma_{M,ser} = 1$ .

(2) La résistance de calcul combinée peut être déterminée d'après 6.1.11, mais en utilisant la section transversale efficace pour les états limites de service et en prenant en compte  $\gamma_{M,ser}$ .

#### N.4. Influence du mode de fixation des plateaux, écarteurs et peau extérieure

Les charges permanentes maximum rapportées sur les plateaux (peau + écarteurs) ne doivent pas excéder 16 kg/m<sup>2</sup> de masse maxi. Le critère de résistance au cisaillement des assemblages plateaux/supports est satisfait lorsque le 6.2.2.3 est vérifié (cf. aussi 6.2.4.4.1).

Si la vérification de la tenue des assemblages sous l'action concomitante du vent et du poids propre au cisaillement est souhaité, il est procédé comme indiqué ci-après :

- Pour le calcul des fixations de plateaux : le poids G = (peau + écarteur + isolation + plateau).
- Pour le calcul des fixations des écarteurs : le poids G = (peau + écarteur + isolation).
- Pour le calcul des fixations de la peau : le poids G (peau).

L'effort d'arrachement sera calculé avec les actions de vent ( $1,5 \times W_k$ ) en dépression.  $W_k$  est la charge caractéristique de vent  $W_{50}$  déterminée selon la NF EN 1994-1 et son annexe nationale.

Le calcul des assemblages se fera conformément à l'Eurocode partie 1-3 ch. 8.

Les efforts agissant sont déterminés comme indiqué en (8.4) des présentes recommandations. Les efforts résistant des assemblages sont calculés selon les Tableaux 8.1 à 8.4 de la NF EN 1993-1-3. Dans tous les cas, tous les critères indiqués en (8.4) des présentes recommandations ( $F_{Ed} < P_k/\gamma_M$ ) doivent aussi être vérifiés.

Pour une fixation sollicitée à la fois en cisaillement et en traction, sous réserve que  $F_t$ ,  $R_d$  et  $F_v$  soient toutes deux déterminées suivant les Tableaux 8.1 à 8.4 de la NF EN 1993-1-3, la résistance de la fixation à la combinaison cisaillement – traction à l'aide de l'équation suivante :

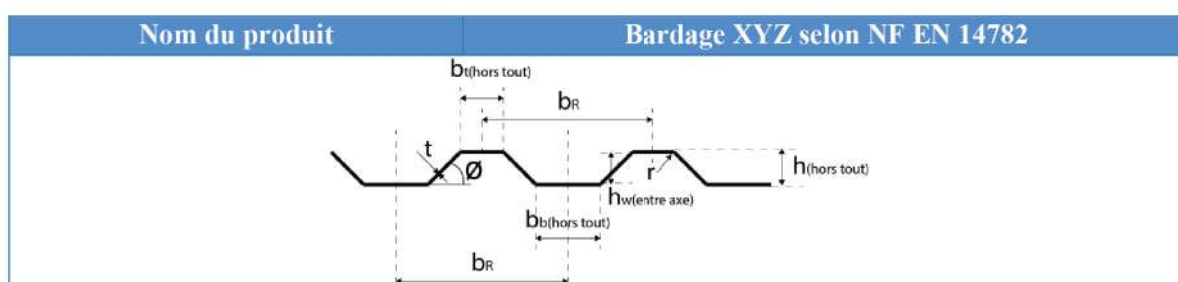
$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,R_d}; F_{o,R_d})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{p,R_d}; F_{n,R_d})} \leq 1$$

## N.5. Exemples de fiches techniques

Les tôles d'acier nervurées ou plateaux sont identifiées à l'aide d'une fiche technique qui comporte au moins les indications suivantes :

- l'appellation commerciale ;
- le nom du fabricant ou du distributeur ;
- le schéma de la section droite, les principales dimensions (entre autres : épaisseur, hauteur des nervures emboîtées et emboîtantes, cote du pli de la nervure emboîtante, présence d'un pli à la nervure emboîtée pour les plaques de couverture) étant cotées ; ainsi que le rayon de courbure ;
- la nuance d'acier et la classe de tolérance d'épaisseur utilisées par référence aux normes ;
- la nature et la répartition des perforations éventuelles ;
- les valeurs des principales caractéristiques utilisées pour la définition des performances mécaniques du produit ;
- les tableaux définissant les portées limites utiles en fonction des charges appliquées hors poids propre de la tôle, pour au moins les deux cas courants de pose (travée simple et travées égales multiples), pour diverses épaisseurs de tôle et éventuellement pour divers critères, notamment de flèche ; et différentes largeurs d'appui ;
- la référence du rapport d'essais lorsque les performances sont déterminées par voie expérimentale ou à l'Eurocode si dimensionnement par calculs ou essais ;
- la mention « information technique établie conformément aux dispositions des présentes Recommandations Professionnelles ;
- la référence de l'organisme (tierce partie) qui a validé les essais et les tableaux de charge/portée.

### N.5.1. Exemple de fiche technique de bardage




Limite élastique de l'acier		fy	MPa			
Epaisseur du revêtement de zinc (pour les deux faces)		Z275	mm			
Caractéristique	Symbole	Unité	Epaisseur nominale t (mm)			
			0,63	0,75	0,88	
Poids propre du profil	g	kN/m²				
Inertie brute du profil	I	cm⁴/m				
Hauteur de l'axe neutre efficace par rapport à la partie comprimée	ec	mm				
Inertie efficace du profil en pression (ELU)	Ieff	cm⁴/m				
Module de flexion en pression (ELU)	Weff	cm³/m				
Inertie efficace minimale du profil en pression (ELS) (*)	Ieffmin	cm⁴/m				
Inertie efficace maximale du profil en pression (ELS) (*)	Ieffmax	cm⁴/m				
Inertie efficace du profil en dépression (ELU)	I'eff	cm⁴/m				
Module de flexion en dépression (ELU)	W'eff	cm³/m				
Inertie efficace minimale du profil en dépression (ELS)(*)	I'effmin	cm⁴/m				
Inertie efficace maximale du profil en dépression (ELS) (*)	I'effmax	cm⁴/m				
Moment résistant positif	Mc,Rd	kN.m/m				
Moment résistant négatif	M'c,Rd	kN.m/m				
Effort tranchant résistant	Vb,Rd	kN.m/m				
Capacité résistante de l'assemblage Min (Fp,Rd ; Fo,Rd ; Ft,Rd)		FRd	kN/m			
Résistance en réaction d'appui d'extrémité pour une largeur 40 mm et Autres largeurs d'appui : 80 mm ;120 mm		Rw,Rd	kN/m			
Points limites de la courbe d'interaction dans le domaine élastique, Largeur de l'appui 40 mm, Autres largeurs d'appui 80 mm 120 mm		Mmax	kN.m/m			
		Rw,Rd	kN/m			
		Mw,Rd	kN.m/m			
		Rmax	kN/m			
		M0	kN.m/m			
		α	m/m			

(\*) Ou équation donnant l'inertie efficace en fonction du moment agissant aux ELS

▲ Tableau N.11 : Exemple de caractéristiques des profils de bardage selon les Eurocodes

## N.5.2. Exemple de fiche technique de plateau

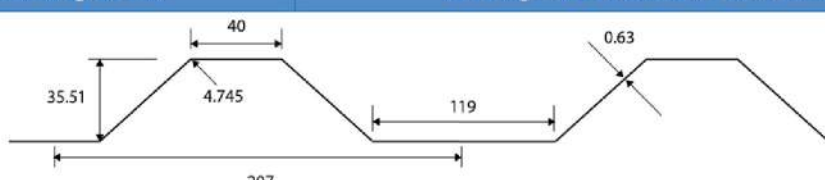
Nom du produit	Plateau XYZ selon NF EN 14782
	

Limite élastique de l'acier	$f_y$	MPa			
Épaisseur du revêtement de zinc (pour les deux faces)	Z275	mm			
Caractéristique	Symbole	Unité	Épaisseur nominale t (mm)		
			0,75	0,88	1,00
Poids propre du profil	g	kN/m <sup>2</sup>			
Inertie brute du profil	I	cm <sup>4</sup> /m			
Hauteur de l'axe neutre efficace par rapport à la partie comprimée	$e_c$	mm			
Inertie efficace du profil en pression (ELU)	$I_{eff}$	cm <sup>4</sup> /m			
Module de flexion en pression (ELU)	$W_{eff}$	cm <sup>3</sup> /m			
Inertie efficace minimale du profil en pression (ELS) (*)	$I_{effmin}$	cm <sup>4</sup> /m			
Inertie efficace maximale du profil en pression (ELS) (*)	$I_{effmax}$	cm <sup>4</sup> /m			
Inertie efficace du profil en dépression (ELU)	$I'_{eff}$	cm <sup>4</sup> /m			
Module de flexion en dépression (ELU)	$W'_{eff}$	cm <sup>3</sup> /m			
Inertie efficace minimale du profil en dépression (ELS)	$I'_{effmin}$	cm <sup>4</sup> /m			
Inertie efficace maximale du profil en dépression (ELS)	$I'_{effmax}$	cm <sup>4</sup> /m			
Moment résistant positif	$M_{c,Rd}$	kN.m/m			
Moment résistant négatif	$M'_{c,Rd}$	kN.m/m			
Effort tranchant résistant	$V_{b,Rd}$	kN.m/m			
Capacité résistante de l'assemblage Min ( $F_{p,Rd}$ ; $F_{o,Rd}$ ; $F_{t,Rd}$ )	$F_{Rd}$	kN/m			
Résistance en réaction d'appui d'extrémité pour une largeur 60 mm Autres largeurs d'appui : 80 mm ; 120 mm	$R_{w,Rd}$	kN/m			
Points limites de la courbe d'interaction dans le domaine élastique, Largeur de l'appui 60 mm,	$M_{max}$	kN.m/m			
	$R_{w,Rd}$	kN/m			
	$M_{w,Rd}$	kN.m/m			
	$R_{max}$	kN/m			
	$M_0$	kN.m/m			
	$\alpha$	m/m			

(\*) Ou équation donnant l'inertie efficace en fonction du moment agissant aux ELS

▲ Tableau N.12 : Exemple de caractéristiques des plateaux selon les Eurocodes

### N.5.3. Exemple de fiche technique de bardage établie selon les Eurocodes pour permettre l'autocontrôle par le fabricant d'un profil identique à l'aide d'un logiciel dédié

Nom du produit			Bardage XYZ selon NF EN 14782				
							
Epaisseur nominale		0,63	mm	Poids propre		6,24	kg/m²
f <sub>yb</sub>		280	MPa	Fleche limite L/		150	
Nb fixations	2 appuis	3	rive	Distance au bord c		40	mm
Nb fixations	3 appuis	3	rive	3	central		
f <sub>u</sub> bac bardage		360	MPa	Epaisseur min supports de rive		1,76	mm
f <sub>u</sub> support		510	MPa	Epaisseur min supports central		1,76	mm
Diamètre fixation mini			5,5	mm	I <sub>eff</sub> 2 appuis (+) =	11,89959	cm <sup>4</sup> /m
Diamètre rondelle mini			16	mm	I <sub>eff</sub> 2 appuis (-) =	12,21911	cm <sup>4</sup> /m
Pas de filetage			2	mm	I <sub>eff</sub> 3 appuis (+) =	12,61333	cm <sup>4</sup> /m
Vis centrée			1		I <sub>eff</sub> 3 appuis (-) =	11,5177	cm <sup>4</sup> /m
Capacité en traction de la vis			11000	N	Largeur de plaque		1,035 m
Nombre de bac assemblés			1				
Largeur d'appui mini en rive			40	mm	γ <sub>M</sub> acier	1	γ <sub>M1</sub> acier 1
Largeur d'appui mini sur appui central			40	mm	γ <sub>m</sub> vis	1,35	
M <sub>u2T</sub> =	144,221	daN,m/m	M <sub>u3T</sub> =	144,2214	daN,m/m	M <sub>u3A</sub> =	123,589 daN,m/m
V <sub>u2T</sub> =	4079,38	daN/m	V <sub>u3T</sub> =	4079,384	daN/m	V <sub>u3A</sub> =	4079,384 daN/m
R <sub>u2T</sub> =	473,04	daN/m	R <sub>u3T</sub> =	473,0396	daN/m	R <sub>u3A</sub> =	1447,337 daN/m
M <sub>u'2T</sub> =	136,391	daN,m/m	M <sub>u'3T</sub> =	136,3915	daN,m/m	M <sub>u'3A</sub> =	138,5029 daN,m/m
V <sub>u'2T</sub> =	4079,38	daN/m	V <sub>u'3T</sub> =	4079,384	daN/m	V <sub>u'3A</sub> =	4079,384 daN/m
F <sub>uT</sub> =	389,565	daN/m	F <sub>u3T</sub> =	389,5652	daN/m	F <sub>u3A</sub> =	389,5652 daN/m

Pression daN/m <sup>2</sup> (élastique)		Portée d'utilisation (m)	Dépression daN/m <sup>2</sup> (élastique)	
2 appuis	3 appuis		2 appuis	3 appuis
342	342	1.5	323	323
300	300	1.6	284	284
266	266	1.7	241	252
237	237	1.8	206	225
199	213	1.9	177	202
168	192	2	154	182
144	174	2.1	135	165
124	159	2.2	118	150
108	145	2.3	104	138
94	134	2.4	93	126
82	123	2.5	83	116
73	114	2.6	74	108
65	106	2.7	67	100
58	98	2.8	60	93
52	91	2.9	54	86
46	85	3	49	81
42	80	3.1	45	76

▲ **Tableau N.13** : Exemple de fiche technique de bardage établie selon les Eurocodes pour permettre l'autocontrôle par le fabricant d'un profil identique à l'aide d'un logiciel dédié

## N.6. Cas particulier de vérification de plateaux en travées impaires

Le cas visé concerne les ouvrages où la structure porteuse des plateaux comporte un nombre impair de travées, de portées égales, alors même que le projet prévoit l'usage de plateaux repris sur trois appuis.

Lorsqu'on a disposé les plateaux repris par trois appuis, il reste une travée à barder. Une solution envisageable pour éviter d'avoir recours à la mise en œuvre sur la travée « impaire » de plateaux tous repris sur deux appuis (épaisseur de tôle majorée) consiste à traiter le calepinage d'ensemble de la peau intérieure en plaçant d'un rang à l'autre le plateau repris par deux appuis tantôt sur une travée, tantôt sur une autre travée.

### N.6.1. Principe de justification

On considère que les éléments rapportés sur le pan de fer des plateaux assurent un comportement global de plaque du système. Les déformations en parties centrales des travées sont égalisées entre plateaux repris sur trois appuis et les plateaux repris sur deux appuis. La contribution à la résistance d'ensemble des plateaux repris sur deux appuis est plus faible que celle des plateaux repris sur trois appuis.

On détermine un coefficient de majoration  $K$  des charges moyennes de vent  $W_k$  appliquées au bardage pour définir une action de calcul des plateaux en continuité.

On vérifie alors les plateaux repris sur trois appuis sous l'effet de la charge de calcul  $K \times W_k$ .



On vérifie les assemblages avec un coefficient de majoration  $\left(\frac{1+K}{2}\right)$  des charges moyennes de vent  $W_k$  appliquées au bardage, soit une charge de calcul  $\left(\frac{1+K}{2}\right) \times W_k$ .

### N.6.2. Méthode de calcul des charges sur les plateaux

$I_2$  : le moment d'inertie des plateaux repris sur deux appuis.

$I_3$  : le moment d'inertie des plateaux repris sur trois appuis (épaisseurs de tôles identiques ou non).

$N_2/N$  : le rapport, dans la travée concernée, entre le nombre  $N_2$  de plateaux repris sur deux appuis et le nombre  $N$  de lits de plateaux,  $N_3$  nombre de plateaux repris sur trois appuis est tel que :

$$\frac{N_3}{N} + \frac{N_2}{N} = 1 \Rightarrow N_2 + N_3 = N$$

On considère que :

$$\frac{s_2}{77I_2} = \frac{s_3}{192I_3}$$

d'où :

$$s_2 = s_3 \times 0.4 \times \frac{I_2}{I_3}$$

Il vient alors :

$$s_2 \times N_2 + s_3 \times N_3 = W_k \times N$$

$$s_3 \left[ \frac{N_2}{N} \times 0.4 \times \frac{I_2}{I_3} + 1 - \frac{N_2}{N} \right] = W_k$$

Et :

$$\frac{1}{K} = \frac{W_k}{s_3} = \left[ 1 - \frac{N_2}{N} \times \left( 1 - 0.4 \times \frac{I_2}{I_3} \right) \right]$$

Soit :

$$K = \frac{1}{\left[ 1 - \frac{N_2}{N} \times \left( 1 - 0.4 \times \frac{I_2}{I_3} \right) \right]}$$

Avec :

- $W_k$  : la charge de calcul à retenir pour le dimensionnement des plateaux (pression / dépression appliquées) ;
- $s_2$  : la réaction élastique apportée par un plateau repris sur deux appuis ;

- $s_3$  : la réaction élastique apportée par un plateau repris sur trois appuis.

La justification des plateaux est conduite pour les plateaux en continuité sous l'effet d'une charge :

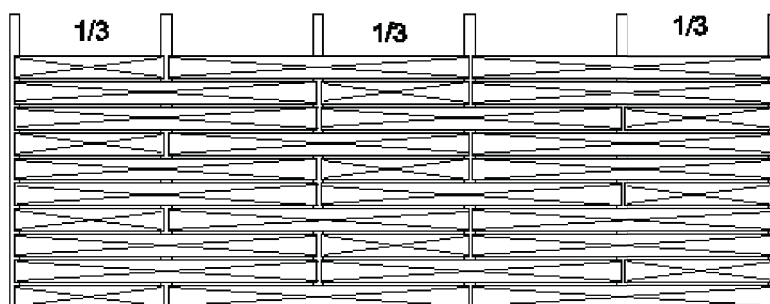
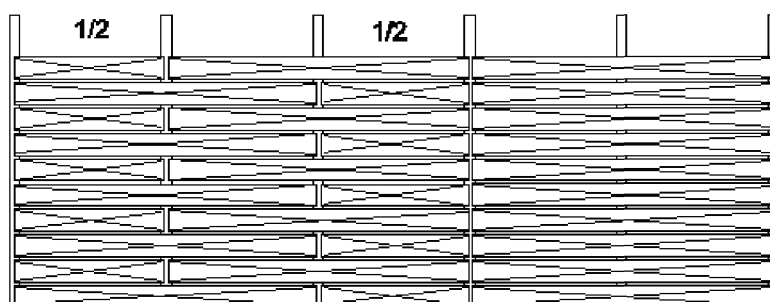
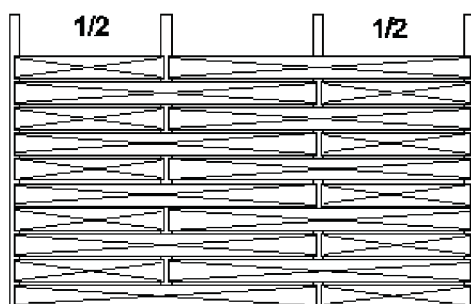
$$K \times W_k$$

La justification des fixations au milieu des plateaux en continuité est à effectuer sous charge :

$$\left( \frac{1+K}{2} \right) \times W_k$$

Dessins avec :	trois travées $N2/N = 0,5$	deux dispositions possibles du plateau sur deux appuis
	cinq travées $N2/N = 1/3$ ou $0,5$	possibilités en 1 3 ou 5
Par extension :	sept travées $N2/N = 1/4$ ou $0,5$	possibilités en 1 3 5 ou 7
	neuf travées $N2/N = 1/5$ ou $0,5$	possibilités en 1 3 5 7 ou 9

En dépression, la même démarche est appliquée pour déterminer les coefficients K.



### N.6.3. Exemple d'application

Exemple :

Long pan cinq travées de 6 mètres.

Pression  $W_k = 61 \text{ daN/m}^2$ .

Dépression  $W_k = 45 \text{ daN/m}^2$ , disposition 1/3.

Plateaux 92, 400 AC 0,75

$N_2/N = 1/3$

$I_2 = 136,26 \text{ cm}^4/\text{m}$   $I_3 = 102,32 \text{ cm}^4/\text{m}$   $I_2/I_3 = 1,332$

$$K = \frac{1}{\left[ 1 - \frac{N_2}{N} \times \left( 1 - 0,4 \times \frac{I_2}{I_3} \right) \right]}$$

Application numérique :

$$K = 1/[1 - 1/3 \times (1 - 0,4 \times 1,332)]$$

$$= 1/(1 - 0,333 \times 0,467)$$

$$= 1/0,844$$

$$= 1,1845$$

a) Vérification des plateaux (lecture des tableaux charges portées) avec :

En trois appuis :

$$K \times W_k$$

En pression :  $61 \times 1,1845 = 72,23 \text{ daN}$ .

En dépression :  $45 \times 1,1845 = 53,28 \text{ daN}$ .

83 daN et 62 daN (lus sur les tableaux de charges => satisfaisants).

b) Vérification des assemblages

En trois appuis :

$$\left( \frac{1+K}{2} \right) \times W_k$$

Application numérique :

$$(1 + 1,1845)/2 \times 45 = 49,14 \text{ daN/m}^2.$$

## **ANNEXE O – PROCÉDURES APPLICABLES POUR LA DÉTERMINATION DES PERFORMANCES AUX CONTRAINTES ADMISSIBLES USUELLES DES PLATEAUX ET DES PLAQUES NERVURÉES OU ONDULÉES DE BARDAGE (MÉTHODE A, TABLEAU 1)**

### **O.1. Généralités**

Les performances usuelles des plateaux plaques nervurées et ondulées en acier peuvent être déterminées par calculs en les considérant comme des éléments minces [Annexe L].

Les performances usuelles des plateaux, des plaques nervurées et ondulées en acier peuvent également être déterminées par essais conformément aux spécifications qui suivent.

### **O.2. Objet**

Il s'agit ici :

1 – de préciser les conditions des essais conventionnels de flexion sous charges en pression ou en dépression réparties destinées à déterminer les performances usuelles des plateaux, plaques nervurées et ondulées de bardages.

2 – de définir l'interprétation de ces essais et l'établissement des tableaux de charges et des abaques d'utilisation.

### **O.3. Cas des éléments de bardage en acier**

#### **O.3.1. Appareillage**

L'appareillage comporte :

- un bâti rigide représentant un élément de charpente permettant de disposer la maquette à essayer horizontalement, sur 2 ou 3 appuis, situés à distances variables ;
- un système de mise en charge ;
- un système de mesure des flèches.

##### **O.3.1.1. Bâti – Appuis**

Le bâti représentant l'élément de charpente est constitué par un ensemble de pièces suffisamment rigides pour éviter des déformations importantes lors des essais.

Les appuis sont des pièces en acier représentant l'ossature sur laquelle sont fixés, suivant les procédures d'essais, les plateaux ou plaques représentant l'échantillon à essayer.

La largeur d'appui est d'environ :

- 80 mm pour les plateaux,
- 60 mm pour les plaques,

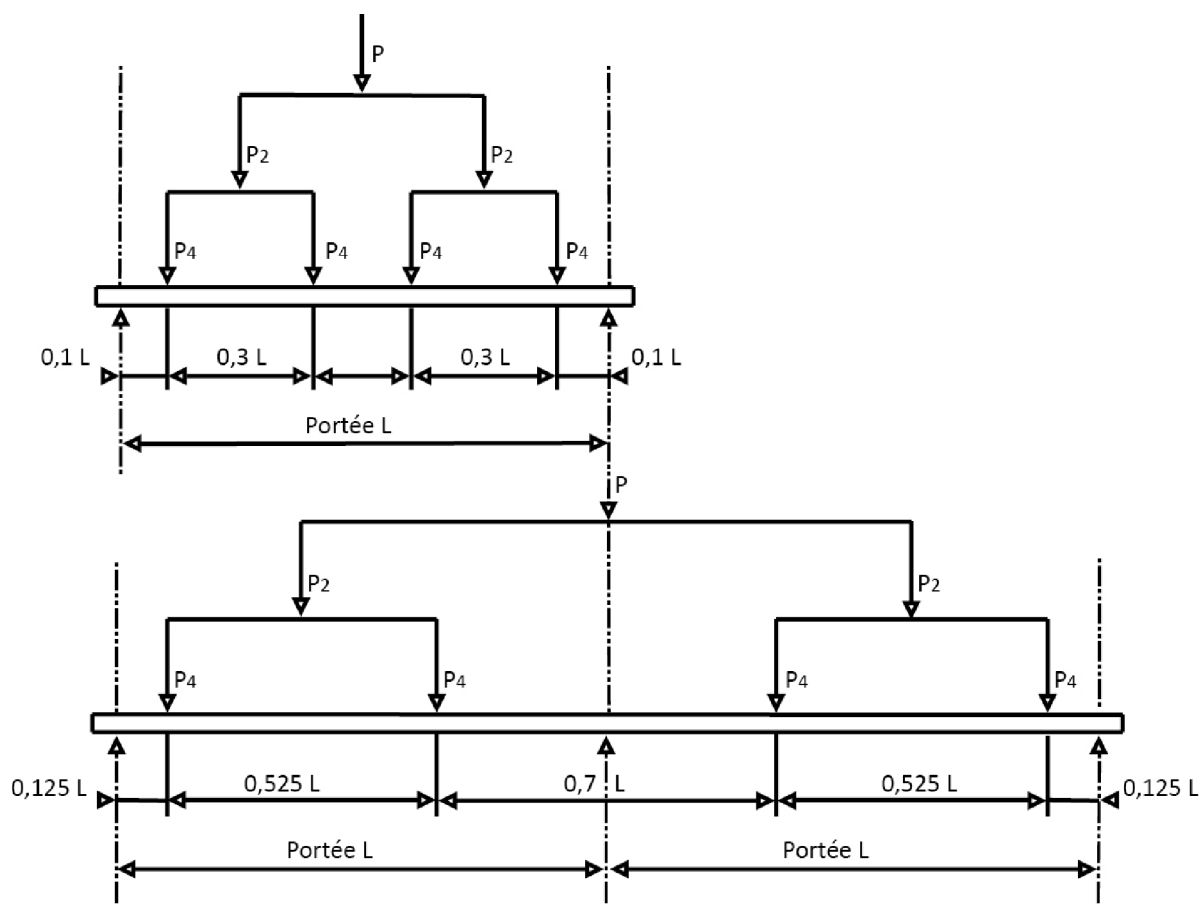


De plus, ces pièces sont parallèles et leurs faces supérieures sont situées dans un même plan horizontal. La distance entre ces appuis doit pouvoir varier d'une façon continue.

Dans le cas où l'essai comporte trois appuis, les deux portées sont égales. Les portées sont mesurées d'axe en axe des appuis.

### O.3.1.2. Système de mise en charge

Les charges sont appliquées en simulation d'une charge répartie, par des charges concentrées disposées selon les schémas suivants.



Ces charges sont transmises par des pièces transversales, peu déformables, dont la face inférieure est :

- Soit plane, dans le cas d'essais sur plaque dont les nervures principales sont dirigées vers le bas, et dans le cas d'essais de plateau en pression où l'effort est transmis par les « flûtes » ou la peau extérieure.
- Soit découpée suivant le profil transversal de la plaque (avec un jeu maximal de +2mm, et tel qu'en aucun cas, la charge ne soit reportée sur le sommet et les flancs des nervures, dans le cas d'essais sur plaque dont les nervures sont dirigées vers le haut.

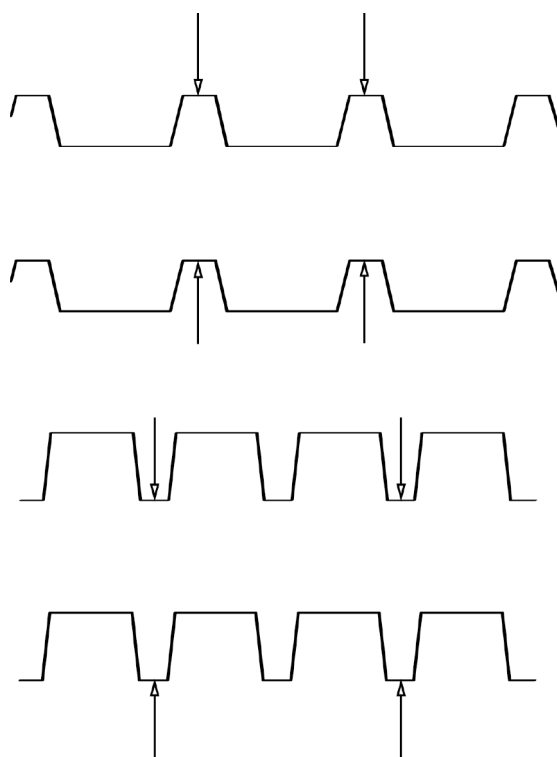
La largeur des pièces d'application de la charge est de 70 mm environ. La liaison de ces pièces deux par deux, se fait par l'intermédiaire des

balanciers, eux même reliés par une double rotule à un balancier sur lequel agit le système de mise en charge mécanique ou hydraulique.

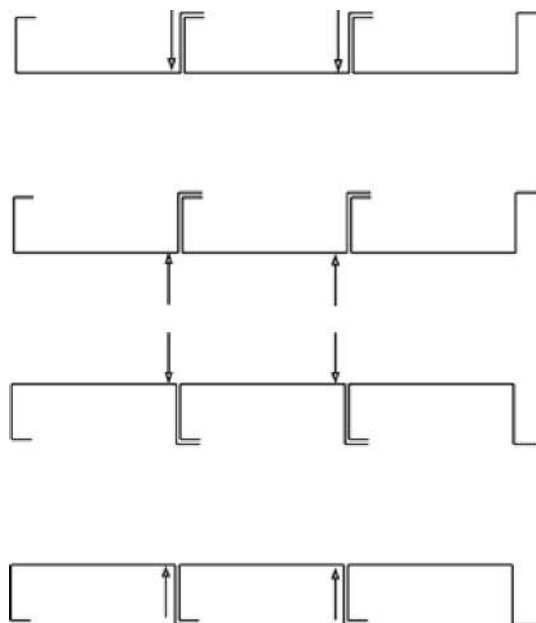
### O.3.1.3. Système de mesure des flèches

Les flèches sont mesurées à l'aide de dispositifs de mesure permettant une précision du 1/10 mm (comparateurs, capteurs de déplacement, enregistreurs...), au nombre de deux par travée et disposés :

a) Pour les plaques nervurées au droit de deux nervures principales, symétriques de l'axe médian de la plaque selon les schémas suivants :



b) Pour les plateaux au voisinage de la jonction du plateau central avec chacun des plateaux latéraux



### **O.3.2. Importance du contrôle**

#### **O.3.2.1. Conditions imposées aux échantillons**

##### **a) Epaisseur**

L'épaisseur moyenne mesurée sur chaque échantillon devra être égale à l'épaisseur nominale à plus ou moins 0,03 mm près.

##### **b) Caractéristiques mécaniques**

La limite d'élasticité moyenne mesurée sur les échantillons devra être conforme aux conditions suivantes :

- pour les échantillons issus de tôle galvanisées de qualité courante (NF EN 10346 et NF EN 10343) ou à la limite d'élasticité minimale garantie inférieure de 280 MPa.

La limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque échantillon ne devra pas être supérieure à 300 MPa.

#### **Note**

En ce qui concerne les tôles d'acier galvanisées de qualité courante, le profilleur par son auto-contrôle devra éliminer les tôles de limite d'élasticité moyenne, avant profilage, inférieure à 250 MPa.

- pour les échantillons issus de tôles galvanisées à la limite d'élasticité minimale garantie par marquage supérieure ou égale à 280 MPa.

La limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque échantillon ne devra pas être supérieure de plus de 20 % à la limite d'élasticité minimale garantie.

#### **O.3.2.2. Nombre d'échantillons composant la maquette**

##### **a) Plateaux**

La maquette sera composée au minimum de trois plateaux assemblés côte à côte et représentant chacun un échantillon du produit à tester.

##### **b) Plaques nervurées**

La maquette sera composée au minimum d'une plaque nervurée représentant un échantillon du produit à tester.

#### **O.3.2.3. Nombre d'essais de flexion**

Pour un type de produit dans une épaisseur donnée, douze essais sont nécessaires.

Ils sont répartis comme il suit :

- 6 essais en pression dont :
  - o 3 portées d'essais sur deux appuis
  - o 3 portées d'essais sur trois appuis

L'essai jusqu'à effondrement ne se fera dans chacun des deux cas d'appuis que sur la grande portée.

- 6 essais en dépression dont :
  - o 3 portées d'essais sur deux appuis
  - o 3 portées d'essais sur trois appuis

L'essai jusqu'à effondrement ne se fera dans chacun des deux cas d'appuis que sur la plus grande portée.

### **O.3.3. Mode opératoire**

#### **O.3.3.1. Identification de l'échantillon**

##### **a) Caractéristiques géométriques**

L'identification porte sur chaque échantillon du produit essayé en flexion.

- Relever la dénomination du produit ainsi que l'épaisseur nominale et le profil géométrique annoncés par le fabricant.
- Mesurer l'épaisseur en six points minimum et noter la moyenne
- Mesurer et reporter sur un croquis de la section droite du profil toutes les cotes définissant le produit.

Ces mesures doivent être effectuées dans les sections situées à plus de 750 mm des extrémités

- Relever la marque, le type, les dimensions caractéristiques (diamètre, longueur, pas etc.) de la fixation (ou du système de fixation) utilisé.
- Relever la densité et la répartition de fixation utilisées lors des essais

##### **b) Caractéristiques mécaniques**

Déterminer les caractéristiques mécaniques à la traction de l'acier, en prélevant après l'essai de flexion, dans les grandes plages et la plus loin possible des zones pliées au profilage, des éprouvettes de formes et dimensions conformes aux prescriptions de la norme EN ISO 6892-1 (anciennement EN 10002-1) à raison de deux éprouvettes par échantillon essayé et procéder à l'essai de traction décrit dans cette norme.

#### **Remarque**

Si  $b_o$  est la largeur de la partie plane de la plage dans laquelle on prélève une éprouvette de traction de largeur  $b_e$ , on devra toujours avoir :

$$b_e \leq b_o - 8e$$

Compte tenu des largeurs des éprouvettes définies dans la norme (20 mm et 12,5 mm) lorsqu'il n'est pas possible de les prélever, en respectant la condition citée ci-dessus, dans les grandes plages loin de zones pliées au profilage (nervures, plis au bord), les éprouvettes



de traction doivent être prélevées dans d'autres parties du profil (âme, fond de nervure) de façon à respecter cette condition

### **O.3.3.2. Détermination des portées conventionnelles d'essais**

Déduire du calcul ou par l'intermédiaire d'essais préliminaires trois portées conventionnelles respectivement pour les charges réparties normales de service de 500, 1000 et 1750 N/m<sup>2</sup> (51, 102 et 178,4 kg/m<sup>2</sup>) ou plus, et dans chacun des cas envisagés : 2 et 3 appuis, pression et dépression.

Lorsque l'on utilise des essais préliminaires, on détermine les portées en prenant pour critère :

- une flèche maximale de 1/200<sup>ème</sup> de la portée ;
- une sécurité à la ruine supérieure ou égale à deux pour les charges normales de services envisagées.

Lorsque l'on utilise le calcul aux éléments minces, on considère comme conditions :

- de déformation : une flèche maximale de 1/200<sup>ème</sup> de la portée ;
- de résistance : une pondération des charges normales de service envisagées de 1,75.

#### **Note**

Le calcul étant effectué selon le DTU élément minces P 22.703 dans les règles de bardage de 1981.

### **O.3.3.3. Procédure d'essai de flexion**

#### **Dispositions générales**

Pour chacune des portées définies en O.3.3.2 et pour chaque cas (pression et dépression sur deux et trois appuis), procéder comme suit :

- a) constituer la maquette
  - Pour les plaques nervurées, il est possible d'ajouter quelques raidisseurs transversaux constitués de plats d'acier de 30x2 fixés aux nervures extérieures selon un pas supérieur ou égal à 1 m.
  - Pour les plateaux, assembler les échantillons à l'aide des coutures latérales et fixer la peau extérieure ou quelques raidisseurs transversaux

La peau extérieure doit être fixée selon la répartition et la densité minimale de fixation choisie par le fabricant.

Les raidisseurs transversaux éventuels :

- peuvent être constitués de plats (30 x 2) ou d'éléments de peau extérieure de largeur réduite (une ou deux nervures).



- ne doivent pas augmenter la raideur des plateaux plus que ne le ferait la peau extérieure (nombre de raidisseurs et fixations de ceux-ci).
- ne doivent pas être disposés au droit des sections critiques ou au droit des sections de mesures (sections sur appuis et à mi-portée).

### Remarque

Il sera nécessaire de joindre au rapport d'essai, les caractéristiques et le plan des fixations et des raidisseurs utilisés.

#### b) Mettre en place la maquette

Disposer la maquette sur les appuis (ou sous les appuis) et la fixer à l'aide des fixations standards prévues disposées suivant la répartition et la densité minimales envisagée

- c) Mettre en place le dispositif de mesure des flèches
- d) Mettre en place le dispositif de chargement
- e) Appliquer les principes de montée en charge définies en O.3.4.2
- f) Relever pour chaque palier de chargement, la valeur des flèches indiquées par les comparateurs et établir au fur et à mesure le graphique des relations « charges-flèches moyenne »

### Remarque

On peut ainsi s'assurer du bon déroulement de l'essai et de sa validité en ce qui concerne la maquette essayée en vérifiant que les points du graphique « charges-flèches moyenne » correspondant aux premières mesures sont sensiblement alignés.

g) Observer et décrire les déformations apparaissant sur la plaque au droit de la (ou des) section(s) centrale(s) en travée, et sur l'appui intermédiaire dans le cas d'essai sur deux travées (cloquage des parties planes, flambage des nervures)

### Principes de montée en charge

- a) Augmenter la charge régulièrement en réalisant au moins six paliers sensiblement réguliers jusqu'à :
  - soit l'obtention d'une flèche égale au 1/200 de la portée ;
  - soit une charge égale à 120 % de la charge normale de service prédéterminée.
- b) Décharger et noter la flèche résiduelle.
- c) Pour la plus grande portée d'essai, poursuivre le chargement jusqu'à effondrement en procédant comme il suit :
  - continuer le chargement par paliers identiques jusqu'à une charge de l'ordre de 80 % de la charge de ruine prédéterminée en déchargeant et notant les flèches résiduelles à chaque palier ;

- continuer ensuite le chargement jusqu'à effondrement, par paliers ne dépassant pas 5 de la charge de ruine prédéterminée en déchargeant et notant les flèches résiduelles pour chacun de ces paliers ;
- noter la valeur de la charge de ruine.

### Remarque

Les flèches résiduelles peuvent être mesurées sans enlever le dispositif de répartition des charges, ce qui n'introduit qu'une faible erreur.

## O.3.4. Expression des résultats

### O.3.4.1. Identification de la maquette

#### a) Caractéristiques géométriques

Sur un croquis schématique de la section droite de la maquette, porter les cotes relevées selon les prescriptions de l'article O.3.3.1 a).

Fournir également un croquis de la fixation utilisée en précisant la marque, le type et ses dimensions caractéristiques (diamètre, longueur, pas, diamètre de rondelle),

Indiquer la densité et la répartition des fixations utilisées lors des essais.

#### b) Caractéristiques mécaniques

- l'allongement relatif A pour cent après rupture.
- la charge unitaire à la limite apparente d'élasticité et la charge à la rupture mesurée dans les conditions de l'article O.3.3.1 b).

### O.3.4.2. Résultats des essais de flexion

Présenter les résultats à la fois sous forme de tableaux et de graphiques

#### a) Sous forme de tableau

Pour chaque épaisseur nominale et pour chaque cas (2 et 3 appuis) en pression et en dépression, donner pour chaque portée, les valeurs :

- des épaisseurs mesurées
- des charges et des flèches mesurées correspondantes ;
- des charges et des flèches résiduelles correspondantes mesurées après déchargement
- et s'il y a lieu, de la charge ayant entraîné l'effondrement (il y a effondrement lorsqu'on observe une augmentation continue de la flèche sans augmentation de charge)

Noter également les déformations subies par la plaque en cours d'essai.

Donner également essai par essai :

- le poids propre d'un échantillon de  $N/m^2$  et le nombre d'échantillons composant la maquette
- le poids au  $m^2$  de la peau extérieure si elle est mise en place ;
- le poids global du dispositif de chargement.

b) Sous forme de graphiques

Pour chaque épaisseur nominale et pour chaque cas, en pression et en dépression sur deux et trois appuis, donner sous forme de graphique :

**i) pour les deux plus petites portées**

Le diagramme charges-flèches moyennes en portant :

- en ordonnées :

Les charges par  $m^2$  de plaques en  $N/m^2$

(50 mm minimum pour  $1000 N/m^2$ ).

- en abscisses :

les flèches moyennes en mm

(5 mm pour 1 mm de flèche).

**ii) pour la plus grande portée**

On procède comme en O3.4.2b), mais l'on corrige l'origine du graphique du poids propre de la maquette.

Sur ce même graphique, on trace la courbe du double des flèches moyennes résiduelles en fonction de la moitié des charges sollicitant la maquette avant déchargement.

Ceci revient à porter :

- en ordonnées :

La moitié de la valeur des charges sollicitant la maquette.

- en abscisses :

Le double des flèches moyennes résiduelles mesurées après la suppression des charges.

#### Note

Le bombement sur appui des éléments composant la maquette, avant mise en charge, peut introduire un décalage des graphiques charges-flèches par rapport à l'origine des coordonnées. La correction est effectuée en prenant pour origine réelle des charges l'intersection de la droite représentative de la variation de la flèche avec l'axe des ordonnées.



### O.3.5. Interprétation des résultats des essais de flexion

#### O.3.5.1. Critères de définition de la charge limite de service

La charge limite de service sera définie selon le paragraphe 3 à partir des charges admissibles  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  définies ci-après :

- a) La charge  $P_1$  est la charge pour laquelle on a mesuré une flèche moyenne égale au  $1/200^{\text{ème}}$  de la portée
- b) La charge  $P_2$  est déterminée lorsque l'effondrement de la maquette se produit sous une charge de valeur  $2 P_2$
- c) La charge  $P_3$  est obtenue graphiquement par l'intersection des deux courbes définies à l'article P 3.4.2 b) de la procédure d'essai.

#### O.3.5.2. Exploitation des résultats obtenus expérimentalement pour une épaisseur donnée

- a) Etablissement des graphiques

Pour chaque épaisseur et pour chaque type de fonctionnement en simple et en double portée, deux graphiques seront établis : l'un pour la maquette en compression, l'autre pour la maquette en dépression.

Les charges seront définies en ordonnées et les portées en abscisses.

Chaque graphique comportera les deux courbes limitatives suivantes :

- b) Courbe limitative à rapport de flèche sur portée constant  $1/200$

Les trois essais effectués pour trois portées différentes permettent de définir trois charges admissibles  $P_1$ , définies selon le paragraphe O.3.5.1 qui correspondent chacune à une des trois portées d'essais.

Soit  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_g$  ces trois portées d'essai et  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  les trois charges admissibles du type  $P_1$  correspondantes (avec  $L_1 < L_2 < L_g$ ).

Pour des éléments ne se voilant pas, on aurait un moment d'inertie constant et le produit  $PL^3$  serait supposé constant à flèche constante (rapport).

Pour les types de produits testés, ce moment d'inertie du fait du voilement varie en fonction du moment appliqué, donc en fonction de la charge et de la portée.

Nous devons donc considérer les trois produits suivants :

$$P_{11}L_1^3 = K_1$$

$$P_{12}L_2^3 = K_2$$

$$P_{13}L_g^3 = K_3$$

Pour tracer la courbe limitative, on effectue une interpolation linéaire pour les portées supérieures à  $L_1$ .



C'est-à-dire que pour une portée  $L_i$ , la charge correspondante  $P_{1i}$  sera :

$$P_{1i} = \frac{1}{L_i^3} \left[ \frac{K_1 (L_2 - L_i) + K_2 (L_i - L_1)}{(L_2 - L_1)} \right]$$

Si  $L_1 < L_i < L_2$

Ou

$$P_{1i} = \frac{1}{L_i^3} \left[ \frac{K_2 (L_g - L_i) + K_3 (L_i - L_2)}{(L_g - L_2)} \right]$$

Si  $L_i > L_2$

c) Courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible

A partir des résultats de l'essai effectué sur la plus grande portée, on détermine les charges admissibles  $P_2$  et  $P_3$  définies au paragraphe O.3.5.1.

On ne retient ensuite que la plus petite de ces deux charges  $P_2$  et  $P_3$ .

L'essai ayant été effectué sur la plus grande portée, on se place en sécurité en supposant que le module de résistance ( $I/v$ ) est le même pour des portées inférieures à la portée d'essai.

La courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible est la courbe d'équation :

Avec :

- $PP (P_2, P_3) =$  plus petite des charges  $P_2$  et  $P_3$
- $L_g =$  plus grande portée d'essai

Lorsque les essais sont conduits à la ruine sur les trois portées d'essais, la courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible peut être obtenue par interpolation linéaire pour les portées supérieures à  $L_1$  selon une procédure équivalente à celle du paragraphe O 3.5.2b) mais portant sur les produits  $PP_i (P_{2i}, P_{3i}) \times L_i^2$ .

### O.3.5.3. Extrapolation à d'autres épaisseurs

L'extrapolation ne peut se faire qu'à des épaisseurs supérieures à celles essayées.

Pour une épaisseur  $e_s$  supérieure à celle essayée  $e_t$ , on peut obtenir les nouveaux graphiques en multipliant l'échelle de charge par le facteur  $e_s/e_t$ .

Lorsque des séries complétées d'essais sont effectuées pour plusieurs épaisseurs d'un même produit, proches les unes des autres, on peut également effectuer une interpolation linéaire.



#### O.3.5.4. Détermination simplifiée des performances des profilés perforés par comparaison avec les performances des profilés pleins

Pour déterminer les performances de profilés perforés, identiques du point de vue géométrique à des profilés pleins essayés, on peut utiliser des coefficients de raccordement utilisables pour toutes les épaisseurs.

Ces coefficients de raccordement sont déterminés à partir de séries complètes d'essai ne portant que sur les plus petites des épaisseurs envisagées.

Tableau des relevés des mesures et des calculs :

CHARGES APPLIQUEES			FLECHES MESUREES					Charges N/m <sup>2</sup> corrigées du poids propre	Flèches corrigées de la flèche initiale	Flèches rémanentes
Charges	Total des charges	Charges en N/m <sup>2</sup>	F.1	F.2	F.3	F.4	Moyenne des mesures			
0	0	0					0			
Dispositif de charge- ment	1 500	125	-	-	-	-	5,8	225	10,6	
1 000	2 500	208	-	-	-	-	9,8	308	14,6	
2 000	3 500	292	-	-	-	-	14,2	392	19	
3 000	4 500	375	-	-	-	-	18,6	475	23,4	
4 000	5 500	458	-	-	-	-	23	558	27,8	
5 000	6 500	542	-	-	-	-	27,7	642	32,5	
6 000	7 500	625	-	-	-	-	32,2	725	37	
0	1 500	125	-	-	-	-	6,2	225		0,4
7 000	8 500	708	-	-	-	-	37,2	808	42	
0	1 500	125	-	-	-	-	7,1	225		1,3
8 000	9 500	792	-	-	-	-	42,6	892	47,4	
0	1 500	125	-	-	-	-	8,6	225		2,8
8 500	10 000	833	-	-	-	-	45,8	933	50,8	
0	1 500	125	-	-	-	-	9,9	225		4,1
9 000	10 500	875	-	-	-	-	49	975	53,8	
0	1 500	125	-	-	-	-	12,1	225		6,3
9 500	11 000	917	-	-	-	-	50,9	1017	55,7	
0	1 500	125	-	-	-	-	15,3	225		9,5
10 000	11 500	958	-	-	-	-	58,2	1058	63	
0	1 500	125	-	-	-	-	21,8	225		16
10 400	11 900	992	-	RUINE		-		1092		

### O.3.6. Exemple d'expression des résultats d'un essai de flexion

#### O.3.6.1. Détermination préliminaire des conditions d'essai

##### a) Détermination des portées d'essais

L'essai de flexion envisagé est un essai en double portée sous une charge prévisionnelle de 500 N/m<sup>2</sup>.

Les essais préliminaires effectués en double portée ont permis de déterminer :

- pour une flèche de 1/200<sup>ème</sup> de la portée :

$$PL^3 \approx 130000 \text{ N.m}$$

- pour la ruine :

$$PL^2 \approx 36000 \text{ N}$$

Pour une charge prévisionnelle de 500 N/m<sup>2</sup>, nous avons les portées admissibles suivantes :

- limitation de la flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{500}} = 6,4 \text{ m}$$

- limitation à la ruine (sécurité 2) :

$$L = \sqrt{\frac{PL^2}{2Q}} = \sqrt{\frac{36000}{1000}} = 6 \text{ m}$$

Les essais seront donc effectués avec des doubles portées choisies de 6 m.

##### b) Détermination des paliers de charge

L'essai est effectué sur une maquette composée de trois plateaux accolés chacun de 333 mm soit 1000 mm de largeur pour la maquette. Les plateaux sont liés par des « flûtes » d'un poids négligeable. Le poids de la maquette est de 1200 N (100 N/m<sup>2</sup>).

Les efforts sont fournis par un vérin hydraulique et mesurés par un dynamomètre. L'ensemble du dispositif de balancier qui assure la répartition des charges a un poids de 1500 N.

La charge d'utilisation étant de l'ordre de 500 N/m<sup>2</sup>, les paliers de charges sont choisis de façon à assurer jusqu'à une charge de 120 % de la charge d'utilisation, une progression par un minimum de 6 paliers. La flèche initiale sous poids propre est déterminée graphiquement à partir des premiers points de mesure.

Les 120 % de la charge d'utilisation représentent 7200 N (500 N/m<sup>2</sup> x 12 x 1,2) de charge totale appliquée.

Compte tenu du poids du dispositif de chargement, il est décidé de faire des paliers de 1000 N jusqu'à 600 N.





Charge appliquée (N)	Total des charges extérieures appliquées (N)	Total des sollicitations (avec poids propres) (N)
0	0	0
0	0	1200
0	1500	2700
1000	2500	3700
2000	3500	4700
3000	4500	5700
4000	5500	6700
5000	6500	7700
6000	7500	8700

A partir de cette charge de 6000 N, on décharge et on mesure les flèches rémanentes.

A partir de 80% de la charge de ruine prévue, les paliers sont réduits à 500 N de façon à mieux préciser la courbe des flèches rémanentes.

Ces 80% de la charge de ruine représentent 9600 N (2x500x12x0,8) de charge totale appliquée, soit 8100 N de charge appliquée au vérin.

Nous aurons donc, au vérin, la progression suivante à réaliser :

0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 0, 7000, 0, 8000, 0, 8500, 0, 9000, 0, 9500, 0 etc.

#### Remarque :

Pour un essai réel, les observations concernant les déformations locales et d'autres incidents apparaissant pendant l'essai de flexion sont portées au fur et à mesure de leurs apparitions en regard des charges appliquées.

### O.3.6.2. Résultats des essais

#### Expression graphique des résultats

##### i) courbes charges –flèches

On trace directement la courbe charges-flèches. Ceci permet de déterminer directement la charge maximale admissible  $P_1$  pour une flèche  $1/200^{\text{ème}}$  de la portée (30 mm).

$$P_1 = 600 \text{ N/m}^2$$

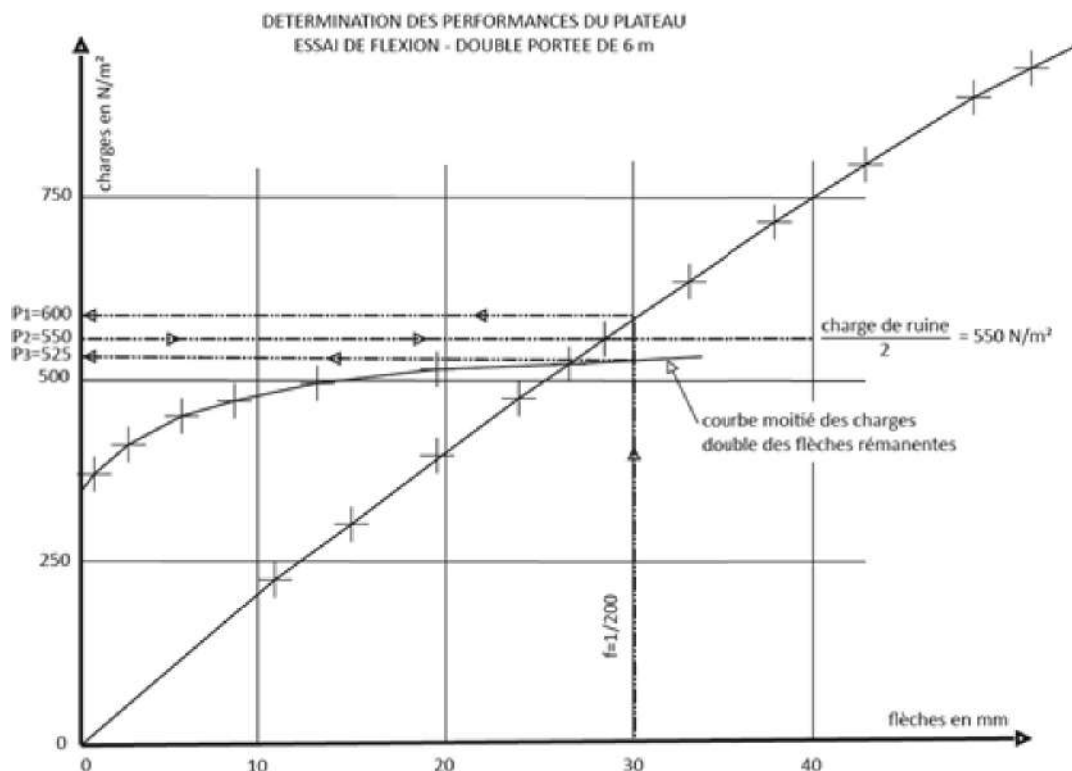
##### ii) Charge de ruine

La charge à l'effondrement détermine la charge maximale admissible à la ruine :

$$P_2 = \frac{P_r}{2}$$

Que l'on reporte sur le graphique :

$$P_2 = 550 \text{ N/m}^2$$



### iii) Courbe « moitié des charges »/double des flèches rémanentes

Sur le même graphique, on trace la courbe exprimant la variation du double des flèches rémanentes en fonction de la moitié des charges les ayant induites.

L'intersection de cette courbe avec la courbe charge/flèches détermine la charge maximale admissible  $P_3$  caractéristique de la limite des déformations permanentes.

$$P_3 = 656 \text{ N/mm}^2$$

### iiii) Commentaires

Afin de compléter cette série d'essai, deux autres essais seraient nécessaires pour des charges prévisionnelles d'environ 1000 et 1750 N/m<sup>2</sup> ou plus.

Ceci conduit à faire des essais pour des portées inférieures à 6 m, pour lesquelles il n'est pas nécessaire de prolonger le chargement jusqu'à la ruine.

La détermination préliminaire des portées d'essai se fera comme indiqué en O.3.6.1 c'est-à-dire :

- Pour 1000 N/m<sup>2</sup>

Flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{1000}} = 5.1 \text{ m}$$

Ruine :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{1750}} = 4.2 \text{ m}$$

- Pour 1750 N/m<sup>2</sup>

Flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{1750}} = 4.2 \text{ m}$$

Ruine :

$$L = \sqrt{\frac{PL^2}{2Q}} = \sqrt{\frac{36000}{3500}} = 3.2 \text{ m}$$

Les deux essais réalisés pour des doubles portées de 4,25 m et 3,20 m définissent deux autres charges maximales admissibles du type  $P_1$  à la limitation du 1/200 des flèches.

Les trois charges de type  $P_1$  et les charges  $P_2$  et  $P_3$  permettent ensuite de déterminer, conformément au paragraphe O.3.5 de la procédure d'essai, les performances du plateau, pour le cas de chargement et l'épaisseur de tôles essayée et pour des valeurs de charges supérieures à 500 N/m<sup>2</sup> ou des doubles portées inférieures à 6 m.

### Remarque

Il sera avantageux de réaliser les essais à 1000 et 1750 N/m<sup>2</sup> avant l'essai à 500 N/m<sup>2</sup> en utilisant la même maquette pour les trois essais. L'influence du porte-à-faux est insignifiante en regard des charges appliquées.



## ANNEXE P – CAHIER DES CLAUSES ADMINISTRATIVES SPÉCIALES (CCS)

### P. 1. Domaine d'application

Cette annexe a pour objet de définir les clauses administratives spéciales aux travaux de bardage en tôles d'acier nervurées ou ondulées, dont la conception et l'exécution est définie dans les présentes Recommandations Professionnelles.

### P. 2. Consistance des travaux

#### P. 2.1. Travaux faisant partie du marché bardage

Sauf dispositions contraires des Documents particuliers du marché (DPM), les travaux de mise en œuvre des bardages simple peau, double peau ou à peaux multiples, ou rapportés sur maçonnerie comprennent :

- les études (détermination des actions de vent et justification à cet égard de l'ensemble du bardage, étanchéité à l'eau en partie courante et aux points singuliers, plan d'étanchéité à l'air, tenue au séisme) et les plans d'exécution du bardage (plateaux, écarteurs, isolants, profils de bardage, ainsi que les ossatures secondaires et les équerres de fixations à la maçonnerie dans le cas des bardages rapportés, les joints et membranes éventuelles) ;
- la fourniture et la pose des plateaux, des isolants et des profils de bardages et de leurs fixations;
- la fourniture et la pose des accessoires de finition (bandes de rives, pied de bardage, angles, closoirs supérieur et inférieur, raccordements aux menuiseries, joints de dilatation, fourreaux de passage des traversées de bardage) ;
- la fourniture et la pose des bandes porte-solins contre mur en maçonnerie ;
- l'autocontrôle de l'entreprise

#### P. 2.2. Travaux ne faisant pas partie du marché bardage

Sauf dispositions contraires des Documents Particuliers du Marché (DPM), les travaux de mise en œuvre des bardages ne comprennent pas :

- l'exécution et le réglage de la structure porteuse et/ou des ossatures secondaires support des bardages simple ou double peau ou à peaux multiples, des appuis, ou la fourniture des inserts ;
- les études préalables de stabilité des ossatures porteuses dans le cas de la pose sur existant ;
- les travaux de peinture et de protections diverses éventuelles (fongicide, insecticide, anticorrosion) de cette ossature secondaire ;

- la fourniture et la pose des chevêtres ;
- la fourniture et la pose des menuiseries ;
- l'exécution des ouvrages de maçonnerie (murs, enduits, souches, bandeaux, becquets, engravures...) ;
- la fourniture et la pose des appareils et équipements techniques en façade ;
- la fourniture et la pose des dispositifs empêchant la pénétration des eaux de ruissellement entre les traversées de bardage et les fourreaux ;
- les déposes, rendues indispensables pour l'exécution de travaux d'autres corps d'état ;
- les épreuves éventuelles d'étanchéité à l'air ;
- tous travaux d'entretien, en particulier ceux visées à l'[Annexe A] du présent document ;
- les flocages et protection incendie ;
- la fourniture et la pose des dispositifs de calfeutrement à l'air ;
- les doublages intérieurs ;
- les dispositifs éventuels de calfeutrement en nez de plancher ;
- (les scellements) ;
- (la fourniture et la pose des chevilles, douilles autoforeuses et autres systèmes de fixation non incorporés au gros œuvre) ;
- la protection provisoire contre les salissures ;
- la fourniture et la pose des vitrages, des fenêtres, des parties éclairantes ;
- les peintures de finition particulières (façonnés, etc.) ;
- la fourniture de maquette ou prototypes ;
- la fourniture, la mise en condition et le transport d'éléments de bardage destinés à être soumis à des essais ;
- le tracé des traits de niveau, la matérialisation des axes verticaux et des nus extérieurs et intérieurs ;
- l'exécution de tous travaux de maçonnerie : seuils, appuis, etc. ;
- les rectifications de la structure lorsque celle-ci ne respecte pas les tolérances de pose fixées au paragraphe 7.2.3 ;
- le dégagement, le nettoyage et le compactage des abords extérieurs en vue de la répartition et de la pose des façades ;
- les scellements et bourrages éventuels au ciment qui seront exécutés par le maçon au fur et à mesure de l'avancement des travaux de pose ;
- les modifications qui seraient à apporter aux systèmes de fixation et de liaison comme aux éléments de bardage dans le cas où les tolérances de la structure porteuse ne seraient pas respectées ;



- les dispositifs appropriés pour le nettoyage et l'entretien des façades ;
- la mise à la terre des façades ;
- Installation des brises soleil.

### **P. 3. Mise à exécution des travaux de bardage et coordination avec les autres entreprises**

#### **P. 3.1. Première phase**

À la notification du marché, l'entrepreneur reçoit du maître d'œuvre les plans, croquis et indications mentionnés en P. 6. Il reçoit également toutes les informations concernant les accès au sol et aux bardages.

En l'absence de ces éléments ou lorsque ces derniers comportent des différences importantes par rapport à ce qui était décrit dans le dossier de soumission, l'entrepreneur avertit par écrit le maître d'œuvre.

Ce dernier fait connaître la suite qu'il donne. Des ajustements au marché peuvent en résulter, y compris dans les délais d'exécution.

#### **P. 3.2. Deuxième phase**

En possession des éléments ci-dessus et des plans de charpente, l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre dans les délais prévus au marché ou arrêtés d'un commun accord, les renseignements ou dessins de réalisation des ouvrages de parties courantes ou de points singuliers lorsqu'ils sont nécessaires aux autres entrepreneurs pour arrêter les détails d'exécution de leurs ouvrages.

À cet effet, le maître d'œuvre organise la concertation entre les différents corps d'état. Il donne son accord sur les dispositions retenues. À défaut, la réception par l'entrepreneur des plans de charpente définitifs vaut accord du maître d'œuvre.

#### **P. 3.3. Troisième phase**

Au moins six semaines avant la date fixée au marché comme début du délai contractuel (ou plus en cas de fourniture spéciale), l'ensemble des plans de charpente définitifs (dessins d'exécution) est remis à l'entrepreneur.

#### **P. 3.4. Quatrième phase**

Avant de commencer ses travaux sur chantier, l'implantation de la structure porteuse et/ou de l'ossature secondaire et leurs tolérances admissibles ayant été préalablement réceptionnée par ailleurs, l'entrepreneur s'assure que cette structure ou ossature satisfait, pour ce qui est apparent, aux plans et croquis ci-dessus et aux dispositions du présent document : nombre, caractéristiques et dimensions des appuis, présence des inserts, chevêtres etc.

**Note 1**

Les DPM précisent qui est en charge de la vérification de conformité aux dispositions des présentes Recommandations Professionnelles, de la tolérance d'exécution des structures porteuses et ossatures supportant le bardage.

**Note 2**

L'attention du Maître d'œuvre est attirée sur l'importance du contrôle géométrique d'implantation des structures et ossatures support, compte tenu de l'incidence sur l'aspect final de la façade, en particulier la planéité générale et l'alignement des arêtes.

L'intervention de l'entrepreneur ne peut se faire que si :

- l'ensemble du gros-œuvre et de la structure porteuse sont terminés et les espaces extérieurs sont suffisamment dégagés et stabilisés pour permettre les accès, manutentions, installation des échafaudages ou nacelles et pose de façade ;
- les tracés, contrôles des cotes satisfaisant aux tolérances admises et les réservations exécutées ;
- les dispositifs spéciaux et/ou modifications motivés par l'exécution hors tolérances du gros œuvre ou de la structure sont réalisés.

**P. 4. Organisation de chantier**

Afin de permettre l'exécution normale des travaux, le maître d'œuvre prévoit un accès au sol et un accès aux façades comme indiqués ci-après.

**P. 4.1. Accès au sol**

Il doit être prévu :

- l'accès au bâtiment, aux installations de chantier et aux aires de stockage, des équipes et des camions de livraison ;
- des aires de stockage à pied d'œuvre ;
- des aires dégagées suffisantes pour permettre l'évolution et l'utilisation des matériels et engins de chantier.

**P. 4.2. Accès aux façades**

Il doit être prévu la mise à disposition d'une zone stabilisée continue (sans tranchées,...) sur la périphérie du bâtiment permettant la mise en place d'échafaudages, et la circulation de nacelles et engins de levage,...

**P. 5. Épreuves d'étanchéité à l'air**

Elles ne sont réalisées que si elles ont été explicitement prévues dans les DPM, leur coût est alors inclus dans le montant du marché.



Si le Maître de l'ouvrage souhaite des épreuves d'étanchéité à l'air alors qu'elles ne sont pas prévues dans les DPM, leurs frais sont à la charge du Maître de l'ouvrage.

## **P. 6. Mémento pour la rédaction du dossier de consultation et l'établissement du marché**

### **P. 6.1. Informations obligatoires aux appels d'offres**

Le bardeur doit recevoir du maître d'œuvre toutes les indications concernant :

- la désignation des surfaces à traiter :
  - le type de bardage à réaliser, sa composition et sa finition (aspect) ;
  - le plan général de bardage avec les indications suivantes :
    - o implantation des ouvrages particuliers ;
    - o rives, baie, angles, pied de bardage, auvent ;
    - o joints de dilatation ;
    - o translucide... ;
    - o pénétrations diverses (conduits de ventilation, crosses pour canalisations électriques, supports d'équipements lourds...) ;
    - o les raccordements éventuels à d'autres constructions ;
    - o etc.
- Le type et l'usage du bâtiment :
  - destination : notamment les bâtiments industriels commerciaux et agricoles, sportifs, bureaux, ERP, ICPE, avec leurs propres réglementations en vigueur tel que l'incendie, l'acoustique ;
  - la catégorie d'importance au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.
- La localisation de la construction :
  - département, canton, ville;
  - les conditions particulières liées à l'atmosphère extérieure ; exemple : voisinage d'une usine dégageant des vapeurs corrosives, front de mer... classification selon l'[Annexe G] ;
  - les conditions liées à l'ambiance à l'intérieur des locaux ;
  - les informations nécessaires au calcul des actions du vent :
    - o dans le cas d'un dimensionnement selon la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale et corrigendum : région de vent, l'orographie ; la catégorie de rugosité de terrain,  $C_{dir}$ ,  $C_{saison}$ , période de retour du vent (50 ans par défaut) perméabilité des façades ;
    - o dans le cas d'un dimensionnement selon les NV modifiées 2009 : zones de vent, site, bâtiment ouvert ou fermé ;
  - le sens des vents de pluie dominants ;



- les informations nécessaires à la justification sismique selon l'arrêté du 22 octobre 2010 (réglementation sismique) :
  - o données sismiques, zone sismique, Classe de Sol, catégorie d'importance du bâtiment;
  - o l'exigence d'intégrité ou fonctionnalité pour la catégorie d'importance IV à défaut la non chute est considérée.
- La géométrie de l'ouvrage :
  - les dimensions du bâtiment : largeur, longueur, hauteur en pied de bâtiment, angle par rapport à la verticale ;
  - implantation et dimension des ouvertures ;
  - le nombre d'étages ;
  - la position et l'écartement des joints de dilatation et la valeur des tassements prévus ;
  - la désignation des différentes surfaces à barder.
- Le mode constructif des structures :
  - la nature de l'ossature principale et secondaire (gros œuvre) ;
  - la distance entre appuis (poteaux ou lisses) et leurs dimensions (largeur et épaisseur d'appui) ;
  - la flexibilité des ossatures principales et secondaires (déplacements maximum sous actions du vent et sismiques) ;
  - les éléments complémentaires d'ossature fournis éventuellement par le poseur (chevêtre, lisse de contre bardage, support de bardage rapporté, support de partie éclairante, brise soleil, coffre de volet roulant) ;
- Les conditions d'exploitation, la destination des locaux :
  - les plages de températures à l'intérieur des locaux chauffés ou pas au sens de la RT (températures maximale basse et maximale haute);
  - les classes d'hygrométries intérieures (faible, moyenne) ;
  - les conditions et dispositifs d'entretien et d'exploitation ;
  - l'ambiance intérieure.
- Les exigences propres à la façade :
  - label recherché pour le bâtiment (éventuellement) ;
  - étude thermique ;
  - les performances thermiques des parois, établies par un bureau d'études thermiques, exprimées soit par le coefficient de transmission thermique du bardage  $U_p$ , soit par la résistance thermique  $R$  et/ou la nature et l'épaisseur de l'isolant (dans ce 2<sup>e</sup> cas, les exigences sont réputées inclure les ponts thermiques intégrés  $\Delta U$  au sens de la RT) ;
  - les performances hygrothermiques de la paroi (valeur de la température de rosée) ;

- l'obligation éventuelle de continuité de l'isolation thermique et de l'étanchéité à l'air au niveau des jonctions du bardage avec d'autres parois : bardage/bardage, bardage/couverture, etc. ;
- le niveau de performance de perméabilité à l'air du bâtiment ;
- les dispositifs éventuels de calfeutrement ou d'étanchéité à l'air ;
- la conception et la nature des ouvrages particuliers tels que, contre-bardage, bande de rive (description et coupes) ;
- l'exigence éventuelle d'une épreuve d'étanchéité à l'air ;
- les conditions éventuelles de démontage des bardages ;
- les exigences relatives à l'isolation et à la correction acoustique (référence réglementaire ou label) ; transmission du rapport d'étude acoustique ou du CCTP :  $\alpha_w$ ,  $R_w$  ;
- les exigences environnementales et sanitaires particulières.

Dans le cas où les Documents Particuliers du Marché (DPM) ne préciseraient pas la totalité de ces informations, l'entreprise de pose devra préciser les hypothèses prévues pour l'établissement de son offre et les faire valider par le maître d'œuvre.

### Note

En cas de contradiction dans les DPM entre les exigences thermiques, acoustiques, de perméabilité à l'air, etc., avec les descriptifs des parois, l'entrepreneur spécifiera dans son offre pour une exigence donnée si elle est basée sur la performance ou le descriptif.

## P. 7. Coordination – Dispositions générales

### P. 7.1. Coordination avant les travaux, dès notification du marché

#### P. 7.1.1. Coordination avec le maître d'œuvre

Le « bardeur » s'informe auprès du coordonnateur dès la notification de son marché et, en tout cas, en temps nécessaire et dans le cadre du programme des travaux :

- d'une part, de tous les plans et croquis précisant les caractéristiques dimensionnelles des bardages en vue de leur adaptation au gros œuvre ;
- d'autre part, de tous les renseignements concernant la nature et la disposition des matériaux composant l'ossature et la maçonnerie (en particulier, la répartition ainsi que la section des supports, pour éventuellement permettre des réservations dans le gros œuvre).

Le bardeur sera informé de toutes les dispositions ayant une incidence sur sa prestation :

- définition des impératifs thermiques de la façade ;

- définition des zones de passage et des points de fixation sur l'ossature porteuse du matériel de chauffage et de conditionnement d'air ;
- emplacement des gaines par rapport aux composantes de façades.

L'entrepreneur soumet au coordonnateur, sous chacun des délais prescrits dans le marché ou arrêtés d'un commun accord entre les parties :

- les plans d'ensemble et de détails nécessaires à l'exécution des façades et à leur pose, et
- si nécessaire les plans définissant les emplacements des rails, douilles à incorporer, trous de scellement, feuillures, murs de refends, etc. (tels que définis au paragraphe 8.3).

Le coordonnateur transmet aux entrepreneurs intéressés (gros œuvre et bureau d'études) ses observations avec ses plans afin qu'ils puissent en tenir compte dans leurs études, leurs plans d'exécution et dans la réalisation de leurs ouvrages.

Le coordonnateur retourne au « bardeur » après visa pour accord, un exemplaire des dessins objet du paragraphe ci-dessus.

Le coordonnateur doit prévenir, et ceci dès qu'il en a lui-même connaissance, le « bardeur » des modifications qui auraient été apportées depuis l'appel d'offres, notamment celles concernant les variations dimensionnelles qui pourraient être différentes de celles prévues par des conceptions nouvelles, et des surcharges non définies à l'origine.

Dans le cas de variations dimensionnelles, il convient d'adapter le calepinage, les accessoires, les calages selon les configurations. Un Ordre de Service du maître d'œuvre sera établi systématiquement à l'attention du bardeur.

Dans le cas de surcharges différentes, il convient d'adapter le dimensionnement des profils et des ossatures sous Ordre de Service (O.S).

La résiliation du marché peut être envisagée dans le cas d'impossibilité d'adaptations techniques.

#### **P. 7.1.2. Coordination avec le gros œuvre**

Le « bardeur » met au point avec le gros œuvre et le coordonnateur en fonction des accès possibles du chantier et de l'état du terrain :

- la possibilité pour ses camions de livraison de venir jusqu'au pied du ou des bâtiments ;
- les conditions pour mener à bien la manutention ;
- le levage ;
- la mise en place des éléments de façade telle qu'elle a été prévue dans son offre.



Ils définissent ensemble les zones de stockage et de manutention à l'intérieur et autour du ou des bâtiments, situées dans l'emprise des engins de levage, l'emplacement des baraques de chantier ainsi que leur maintien dans le temps.

Toutes manutentions imposées au « bardeur » découlant d'un changement de stockage non spécifié par les documents particuliers du marché ne peuvent être à sa charge. Ils définissent d'un commun accord, la mise à disposition, suivant le planning défini par le marché, de la totalité ou des parties du gros-œuvre devant réunir les éléments de la façade et permettant l'intervention réelle du « bardeur ».

### **P. 7.1.3. Coordination avec d'autres corps d'état**

Dès la désignation des entrepreneurs de ces lots, le « bardeur » recevra, sous couvert du coordinateur, le plus rapidement possible les renseignements concernant les lots tels que :

- implantation des fenêtres, leur entourage, raccordement et tous les détails pouvant avoir une interférence sur les lots de bardage ;
- implantation des cloisons ;
- faux-plafonds, revêtements de sol, etc. ;
- dispositifs de reprise de charges lorsque la flèche  $u$  des lèvres de plateaux est supérieure à  $h/15$  (cf. 6.2.2.2).

### **P. 7.2. Coordination en cours de travaux**

Dans le cas où le « bardeur » ne pourrait respecter les délais du programme des travaux du fait du retard d'autres corps d'état ou de la mauvaise exécution de leurs travaux ou de son propre fait, il doit en aviser immédiatement le coordonnateur de l'ouvrage.

Toutes modifications de tout corps d'état pouvant avoir une incidence sur sa prestation doivent être obligatoirement indiquées au « bardeur ».

On ne saurait lui reprocher de retard, et de ce fait, le pénaliser s'il n'y a pas de calendrier d'exécution contractuel ou si le calendrier établi à l'origine change en fonction de l'avancement du gros-œuvre ou d'autres corps d'état, s'il ne peut réaliser ses travaux du fait de retard ou de malfaçons d'autres corps d'état.

Dans le cas où il n'aurait pas été avisé en temps voulu pour lui permettre de tenir compte de ces modifications, les travaux qui en découleraient seraient réglés conformément aux prescriptions de la norme NF P 03-001.

Le CCTG pour les marchés publics s'applique également.

#### **P. 7.2.1. Coordination avec le gros-œuvre**

Voir paragraphe P. 3.4.



### P. 7.2.2. Coordination avec le peintre

Le « bardeur » doit, si cela lui est demandé par le peintre, indiquer au coordonnateur la nature, la qualité et les composants des produits de protection appliqués ne devant pas recevoir de peinture.

### P. 7.2.3. Coordination avec toutes les entreprises susceptibles de détériorer la façade

Il appartient à toutes les entreprises d'éviter les projections sur les façades, de nettoyer les façades et de les faire remettre en état à leur frais en cas de dégradations de leur fait.

### P. 7.2.4. Coordination avec le chauffagiste

L'avancement des travaux des deux corps d'état doit se faire en parfait accord sans gêne réciproque.

Aussi, ils doivent bien se mettre d'accord sur l'exécution de leurs travaux en fonction du planning d'une part, de l'état de l'ossature d'autre part et enfin de leurs propres prestations.

### P. 7.3. Coordination en fin de travaux

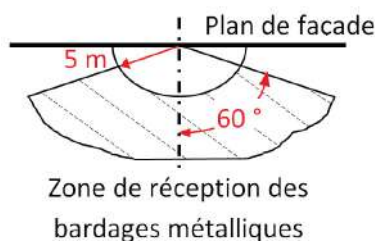
Le « bardeur » doit signaler par écrit toutes malfaçons et détériorations qu'il constaterait concernant son lot et commises par d'autres corps d'état.

### P. 7.4. Conditions de réception des bardages

L'appréciation de la qualité d'aspect des bardages utilisés en façade ne pourra pas se faire à une distance inférieure à 5 m sous un angle ouvert maximum de  $\pm 60^\circ$  (Figure P1).

Tous les bardages provoquent certaines déformations réfléchies des images.

Suivant la distance, l'angle d'observation, les rapports de niveau d'éclairement entre l'extérieur et l'intérieur, l'aspect des bardages peut présenter certaines variations inhérentes au produit.



▲ Figure P. 1: Zone de réception des bardages en acier

## P. 8. Remise en état d'éléments de bardages

Sur les parties des façades en tôle d'acier galvanisée, les retouches des protections détériorées sont effectuées, après nettoyage des surfaces, par application d'une peinture riche en zinc, assurant une protection équivalente.

Dans tous les cas le fournisseur des profils doit être contacté.

Sur les parties des façades protégées par peinture, les retouches sont faites comme il est dit ci-dessus en utilisant la même peinture que celle de protection initiale ou, à défaut, une peinture assurant une protection et un aspect équivalent.

Dans tous les cas, le fournisseur des profils doit être contacté.

Le « bardeur » signale au maître d'œuvre les nettoyages spéciaux, réfections ou remplacements de bardages qui sont rendus nécessaires par des dégradations causées par les autres corps d'état travaillant sur le chantier.

Les frais occasionnés pour la remise en état ne sont pas imputables au « bardeur » (par application des dispositions des normes NF P 03-001 et NF P 03-011).

Les éléments en acier utilisés dans les façades (inox notamment) sont sensibles aux agressions que peuvent exercer certains matériaux tels que le ciment, le plâtre, le bitume, etc.

Des altérations se produisent lorsque ces matériaux ne sont pas immédiatement enlevés, altérations qui non seulement en modifient l'aspect mais encore sont susceptibles de porter atteinte à leur durabilité.

Les salissures légères sont celles qui peuvent se nettoyer à l'eau, additionnée éventuellement d'un détergent approprié. Les autres sont dites profondes et nécessitent des remises en état qui, si elles sont demandées au « bardeur », lui sont réglées en Travaux Supplémentaires (T.S) sur l'Ordre de Service (O.S) à signer par le coordonnateur et le maître de l'ouvrage, à la charge de l'entreprise responsable ou, à défaut par le compte prorata document inter-entreprises.

## PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOVA) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTec Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.





Les Recommandations Professionnelles « **Bardages en acier protégé et en acier inoxydable** » remplacent les « Règles professionnelles pour la fabrication et la mise en œuvre des bardages métalliques – 2<sup>e</sup> édition (1981) », pour la partie acier. Elles ont pour objet de définir les prescriptions minimales de fabrication, de conception et de mise en œuvre des bardages en acier traditionnels en vue de leur durabilité en fonction :

- des expériences professionnelles actuelles ;
- des réglementations techniques en vigueur ;
- des exigences de sécurité, de confort auxquelles peuvent prétendre les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'œuvres et les utilisateurs de bâtiments ;
- du code civil.

Le domaine de ces Recommandations Professionnelles s'étend à toutes les réalisations ou parties de réalisations, en France métropolitaine, de bâtiments de faible ou moyenne hygrométrie avec ambiance intérieure non agressive.

Les Recommandations Professionnelles visent la mise en œuvre de bardages simple peau, double peau, à peaux multiples (plus de 2 peaux) et rapportés en acier sur tout type de bâtiment (locaux de travail, habitation, ERP, ICPE, etc.).



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

